

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Кафедра Інженерної геодезії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВРА

на тему:

**ЗГУЩЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ЛІНІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ ВІД СТАНЦІЇ
«СИРЕЦЬ» ДО СТАНЦІЇ «ПРОСПЕКТ ПРАВДИ»**

Безік-Мінченко Володимир Володимирович

Київ 2025р

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

Кафедра Інженерної геодезії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

„_____” _____ 20____ року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВРА

**ЗГУЩЕННЯ ПЛАНОВО-ВИСОТНОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА ЛІНІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ ВІД
СТАНЦІЇ «СИРЕЦЬ» ДО СТАНЦІЇ «ПРОСПЕКТ ПРАВДИ»**

Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач Безік-Мінченко Володимир
Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

193 «Геодезія та землеустрій»

(спеціальність)

193.01 «Геодезія»

(освітня програма)

Група ГД-21

Керівник Дем'яненко Р.А.

(прізвище та ініціали)

Доцент, кандидат технічних наук

(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Ідентичність підтверджую

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Випускова кафедра: Інженерної геодезії

Ступінь вищої освіти: бакалавр за освітньо-професійною програмою

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Освітня програма: 193.01 «Геодезія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету ГІСУТ

Нестеренко О.В.

„___” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ БАКАЛАВРА

Безік-Мінченко Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Згущення планово-висотної геодезичної мережі для забезпечення будівництва лінії метрополітену від станції «сирець» до ст. «проспект правди»

затверджена наказом ректора КНУБА № ___ від «__» _____ 20__ року

2. Керівник роботи Дем'яненко Роман Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту _____

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Загальні відомості про об'єкт будівництва _____

Р. 2. Нормативи та вимоги до побудови геодезичної мережі для забезпечення будівництва метрополітену _____

Р. 3. Побудова геодезичної мережі для забезпечення будівництва метрополітену _____

Р. 4. Економіка та організація геодезичних робіт _____

5. Графічний матеріал за розділами

- P. 1. _____
- P. 2. _____
- P. 3. _____
- P. 4. _____
- P. 5. _____

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5			

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Вступ	21.04.2025
Розділ 1.	01.05.2025
Розділ 2.	12.05.2025
Розділ 3.	26.05.2025
Розділ 4.	02.06.2025
Висновки	09.06.2025
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	13.06.2025

8. Дата видачі завдання _____

Керівник

(підпис)

Дем'яненко Р.А.

(прізвище та ініціали)

Здобувач

(підпис)

Безік-Мінченко В.В.

(прізвище та ініціали)

Київ 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ БУДІВНИЦТВА	6
1.1 Загальна інформація про об’єкт будівництва	6
2. НОРМАТИВИ ТА ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА МЕТРОПОЛІТЕНУ	15
2.1 Технічні вимоги до побудови геодезичної мережі	15
2.2 Рекогностування та закріплення знаків	18
2.3 Вимоги до вимірювання кутів та ліній	28
2.4 Прив’язки до пунктів Державної Геодезичної Мережі	32
2.5 Вимоги до розрахунку полігонометрії, оцінка точності та складання технічного звіту	34
2.6 Вимоги до нівелювання II, III та IV класу, розрахунок оцінки точності нівелювання	39
3. ПОБУДОВА ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА МЕТРОПОЛІТЕНУ	47
3.1 Аналіз топографо-геодезичних робіт виконаних за попередній період	47
3.2 Обстеження існуючих пунктів геодезичних мереж	51
3.3 Проєктування	55
3.3.1 Планова геодезична мережа	55
3.3.2 Висотна геодезична мережа	78
4. ЕКОНОМІКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ	88
4.1 Техніка безпеки при проведенні геодезичних робіт на об’єктах будівництва лінії метрополітену	88
4.2 Економічне обґрунтування	91
Висновок	93
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	94

ВСТУП

Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечення високоточного геодезичного супроводу будівництва у складних інженерно-геологічних умовах та щільній міській забудові. Зокрема, при прокладанні ділянки метрополітену від станції «Сирець» до станції «Проспект Правди» постає потреба в адаптації загальнодержавних геодезичних даних до локальних умов із максимальною точністю. Саме тому розробка ефективних рішень для згущення планово-висотної мережі є надзвичайно актуальною.

Сучасний розвиток міських транспортних систем є одним із пріоритетних напрямків у стратегічному плануванні інфраструктури великих міст. Зокрема, метрополітен — завдяки своїй високій пропускній здатності, екологічності та швидкості перевезень — залишається ключовим видом громадського транспорту в мегаполісах. Однак реалізація нових ліній метро передбачає виконання складного комплексу інженерно-геодезичних робіт, серед яких особливе місце займає згущення планово-висотної геодезичної мережі.

Метою дослідження є обґрунтування та розробка заходів щодо оптимального згущення планово-висотної геодезичної мережі для забезпечення надійного геодезичного супроводу будівництва метрополітену на вказаній ділянці.

Об'єктом дослідження виступає процес геодезичного забезпечення будівництва метрополітену в умовах великого міста.

Предметом дослідження є методи та технології згущення планово-висотної геодезичної мережі, що застосовуються на ділянці від станції «Сирець» до станції «Проспект Правди».

Методи дослідження включають аналіз нормативної документації, вивчення сучасних технологій геодезичних вимірювань, камеральну обробку даних, а також польові геодезичні роботи з використанням GNSS-технологій, електронних тахеометрів та інших високоточних приладів.

Наукова новизна роботи полягає у розробці практичної методики згущення геодезичної мережі, яка враховує особливості урбанізованого середовища, складні інженерно-геологічні умови та сучасні технологічні можливості. Запропоновані рішення дозволяють досягти вищої точності та надійності просторового позиціонування опорних пунктів у складних умовах мегаполісу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у забезпеченні високої точності геодезичних робіт, що безпосередньо впливає на безпеку, довговічність та якість будівельних конструкцій, а також підвищує ефективність управління будівництвом об'єктів транспортної інфраструктури. Напрацьовані підходи можуть бути використані для організації геодезичного забезпечення аналогічних проектів у густозаселених районах.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ БУДІВНИЦТВА

1.1 Загальна інформація про об'єкт будівництва

Об'єкт будівництва: будівництво ділянки Сирецько- Печерської лінії метрополітену від станції «Сирець» на житловий масив Виноградар з електродепо у Подільському районі (1-а черга будівництва – ділянка від ст. «Сирець» до ст. «Проспект Правди» з двома станціями («Мостицька» та «Проспект Правди») та ділянкою вилючного відгалуження в бік ст. «Виноградар» (коригування). 5-й, 6-й пускові комплекси, а саме, ділянки між будмайданчиками, де поновлюються будівельно-монтажні роботи, див. рисунки 1.1 і 1.2.

Клімат району помірно-континентальний, з відносно м'якою зимою і теплим літом. Пересічна температура січня $-6,0^{\circ}\text{C}$; липня $19,1^{\circ}\text{C}$. Абсолютний мінімум температури -35°C , абсолютний максимум $+ 40^{\circ}\text{C}$. Опадів пересічно 600 мм на рік (від 551 до 628 мм). Відносна вологість повітря від 51-52% у травні до 94-95% у грудні.

Територія майбутнього будівництва знаходиться в районі стикування 2-х ландшафтно-кліматичних зон – зони змішаних лісів Полісся, та зони лісостепу.

За кліматичними умовами, територія майбутнього будівництва відноситься до зони нестійкого зволоження, з помірно-континентальним кліматом. Річна кількість опадів, в середньому, складає 574мм, глибина промерзання землі сягає 120см.

До об'єкту будівництва входять п'ять ділянок:

- Ділянка №212 розташована на перехресті вулиці Межова та проспекту Європейського Союзу;
- Ділянка № 213 розташована вздовж вулиці Межова від проспекту Європейського Союзу до вулиці Білецька;
- Ділянка №214 розташована на перехресті вулиці Білицька та вулиці Віктора Некрасова;

- Дільниця №215вв розташована по вулиці Тираспольська на території Сирецького парку;
- Дільниця №215/1 розташована по вулиці Стеценка на території Сирецького парку.

Загальна довжина об'єкту будівництва складає 3600 м, який складається з наступних елементів:

- Два тунелі по 1300м які будуть побудовані механізованим щитовим комплексом і матимуть круглу форму. Максимальна глибина, від рівня землі, буде біля 60м;
- Дві станції з виходами на поверхню, побудовані відкритим способом;
- Та перший в Україні проєкт перегонних тунелів «тунель над тунелем»;
- Два вертикальних ствола глибиною 40м та 39м;
- Вентеляційний вузол глибиною 30м.

Дільниця №212 має довжину 400м, глибина 16м. На цій дільниці буде побудована тупикова зона для поїздів метрополітену та станція «Проспект Правди» з трьома виходами на поверхню. Це складна дільниця будівництва бо її перетинає більш ніж 50 різних діючих комунікацій, що значно ускладнює будівництво. Також значно ускладнюють будівництво будівлі які потрапляють в зону деформації.

Найближча будівля (9-ти поверховий багатоквартирний будинок) розташований в двох метрах від котловану глибиною 16м. Для запобігання просідання основ ґрунту фундаменту даної будівлі застосовуються:

- Інноваційні методи фіксацій ґрунтових мас;
- Прогресивні технології механізованої розробки ґрунтів;
- Стандартні методи для посилення фундаментів будівлі.

Будівництво станції «Проспект Правди» запроектовано під проспектом Європейського Союзу. На час проведення будівельних робіт на даній дільниці буде ускладнено рух транспортних засобів. Щоб мінімізувати незручності, під час розробки проєкту передбачено застосування прогресивної методики організації виробничих процесів, що дає змогу зменшити строки виконання робіт.

Дільниця №213 має загальну довжину приблизно 1400 метрів і розташована на глибині близько 20 метрів від рівня земної поверхні. Важливою та унікальною особливістю цієї ділянки є те, що саме тут буде вперше в Україні реалізовано інноваційний інженерно-технічний проєкт під назвою «тунель над тунелем» (див. рисунок 1.1). Цей проєкт є новаторським у сфері підземного будівництва, оскільки він передбачає проходку тунелів відкритим способом у максимально складних умовах, характерних для густонаселених міських районів з високою щільністю забудови.

Метод «тунель над тунелем» дозволяє будувати тунельні споруди без необхідності значних втручань у міську інфраструктуру на поверхні та без пошкодження існуючих підземних комунікацій. Завдяки цьому підхід істотно знижує ризики виникнення техногенних деформацій і руйнувань у прилеглих будівлях та інженерних системах. Застосування цієї технології особливо важливе на ділянках, де традиційні методи прокладання тунелів відкритим або закритим способами є технічно недоцільними через обмеженість простору та складність рельєфу.

Проєкт також передбачає створення тупикового з'їзду перегінних тунелів у напрямку спального мікрорайону «Виноградар». Ця конструкція має важливе функціональне призначення: вона дозволяє організовувати маневрові операції з рухомим складом, забезпечує технічне обслуговування та гнучкість експлуатації метрополітену. Тупиковий з'їзд істотно розширює можливості управління рухом поїздів та дозволяє підвищити рівень безпеки і ефективності роботи підземної транспортної системи в цілому.

Особливості будівництва на дільниці №213 полягають у складних інженерно-технічних умовах, що виникають через необхідність проведення робіт у вузьких технологічних коридорах, обмеженому просторі та на значній глибині. Високий рівень складності таких робіт вимагає застосування сучасного технологічного обладнання, а також залучення висококваліфікованих фахівців із великим досвідом у сфері підземного будівництва. Окрім того, особливу увагу приділяють дотриманню нормативів безпеки, що забезпечує не лише якість виконання будівельних робіт, а й

захищає життя і здоров'я працівників, а також зберігає цілісність навколишнього міського середовища.

Таким чином, реалізація цього унікального проєкту «тунель над тунелем» на ділянці №213 є визначним кроком у розвитку інженерної справи та підземного будівництва в Україні. Він сприятиме впровадженню передових технологій, підвищенню ефективності та безпеки будівництва, а також збільшенню пропускної здатності лінії метрополітену, що має важливе значення для покращення транспортної інфраструктури столиці.

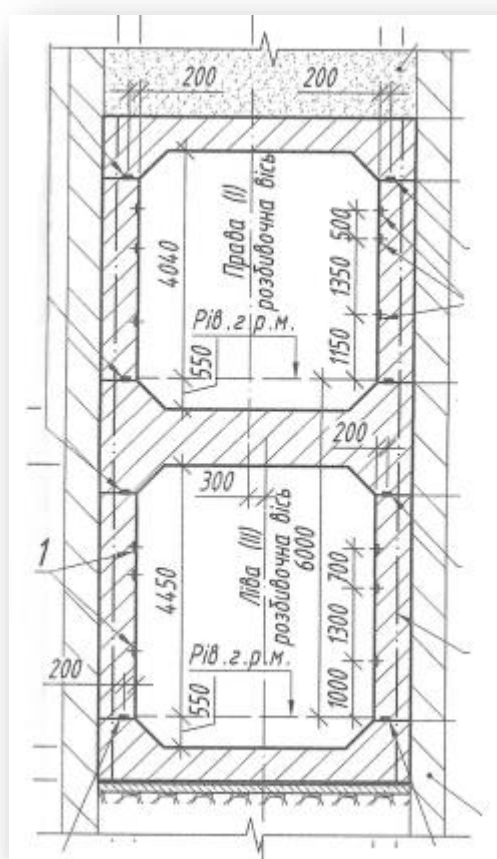


Рис. 1.1 «Тунель над тунелем» у розрізі

Ділянка №214 є однією з ключових ділянок будівництва лінії метрополітену з загальною протяжністю близько 600 метрів та глибиною залягання підземних споруд від 16 до 20 метрів. Вона відзначається значною складністю інженерної структури та включає широкий спектр підземних інженерних об'єктів різного

призначення, що забезпечують комплексне функціонування як транспортної системи, так і технічної інфраструктури метрополітену.

На цій ділянці розташовано низку важливих інженерних конструкцій, кожна з яких виконує специфічні завдання та є невід'ємною частиною загальної системи. До основних об'єктів належать:

- Вентходок — це спеціалізована конструкція, що примикає безпосередньо до вентиляційного вузла і включає вентиляційний кіоск, який виводить систему вентиляції на поверхню землі. Головним завданням вентходка є забезпечення безперервного та постійного потоку свіжого повітря у підземні приміщення, що є критично необхідним для підтримання належного мікроклімату та безпеки всередині тунелів і станцій.

- Венткамера — складна інженерна споруда, що відповідає за рівномірний та безперервний розподіл свіжого повітря в обидва тунелі метрополітену. Ця камера забезпечує підтримання оптимального рівня вентиляції, що сприяє не лише комфортним умовам перебування пасажирів, а й виконанню нормативних вимог з техніки безпеки.

- Протидуттьова збійка — допоміжна конструкція венткамери, яка виконує функцію перенаправлення потоку свіжого повітря в необхідні ділянки тунельної системи, що дозволяє ефективно керувати повітрообміном та запобігати виникненню застійних зон.

- Станція «Мостицька» — підземна станція метро, оснащена чотирма виходами на поверхню, які забезпечують зручний і безпечний доступ пасажирів до міської інфраструктури. Вона є важливим транспортним вузлом, що обслуговує великі потоки пасажирів та інтегрується в загальну мережу метрополітену.

- Станційне технічне приміщення (СТП) — спеціальне інженерне приміщення, де розташовується обладнання, необхідне для забезпечення функціонування станції, включаючи системи управління, енергозабезпечення та інші технічні засоби.

- Монтажна щитова камера (МЩК) — інженерна споруда, призначена для організації збору, монтажу та запуску тунелепрохідницького механізованого

комплексу (ТПМК). Цей комплекс є основним технологічним засобом для проходки тунелів, і монтажна камера є критично важливою для його ефективної роботи.

- Круглі тунелі глибокого залягання — до складу ділянки входять два основних тунелі: Лівий перегінний тунель (ЛПТ) довжиною 1350 метрів і Правий перегінний тунель (ППТ) довжиною 1300 метрів. Ці тунелі є основними транспортними магістралями, що забезпечують рух поїздів у обох напрямках, і їх конструкція відповідає найвищим вимогам щодо безпеки, надійності та довговічності.

Загалом, дільниця №214 є складним інженерним комплексом, що включає багато взаємопов'язаних об'єктів і систем, кожен з яких виконує свою важливу роль у забезпеченні безпеки, комфорту та ефективності роботи лінії метрополітену. Ретельне проектування, точне виконання будівельних та геодезичних робіт на цій ділянці мають вирішальне значення для успішної реалізації всього проекту будівництва.

Дільниця №215ВВ запроєктована як вентиляційна камера, призначена для обслуговування тунелів глибокого залягання. Вона виконує важливу інженерну функцію забезпечення ефективної вентиляції підземних просторів, що є критично необхідним для підтримання безпечних та комфортних умов під час експлуатації метрополітену. Крім того, ця дільниця слугуватиме технологічним вузлом, який забезпечить сполучення окремо прокладених тунелів глибокого залягання. Така інженерна споруда дає можливість інтегрувати два окремі тунельні комплекси, що раніше функціонували автономно, у єдину систему, що сприятиме підвищенню надійності та координації роботи метрополітену.

Важливою геодезичною функцією дільниці №215ВВ є забезпечення узгодженості та урівнювання двох окремих геодезичних тунельних полігонометрій, які використовувалися при прокладці різних ділянок тунелів. Завдяки цьому буде досягнута висока точність просторового позиціонування та взаємного розташування конструкцій, що є необхідною умовою для безперервності тунельної лінії та її стабільної роботи. Здійснення таких заходів дозволяє уникнути накопичення похибок та забезпечити цілісність і точність геометрії тунельного комплексу.

Дільниця №215/1 є відносно компактною, але важливою частиною будівельного майданчика, розташованого в межах траси прокладання нової ділянки лінії метрополітену. Вона виконує критично важливу роль у технологічній послідовності спорудження підземних транспортних об'єктів. Згідно з проєктною документацією, на цій ділянці передбачено зведення двох вертикальних стволів круглої форми, що є складовими тимчасової інфраструктури метробудування. Їхнє будівництво забезпечить можливість організації необхідного технологічного доступу до перегінних тунелів на завершальних етапах проходки.

Ці вертикальні шахти будуть слугувати як монтажні-демонтажні стволи, через які здійснюватиметься виведення на поверхню тунелепрохідницького механізованого комплексу (ТПМК), після того як будуть завершені роботи з прокладання лівого перегінного тунелю (ЛПТ) та правого перегінного тунелю (ППТ). Тобто, після виконання свого первинного призначення у якості логістичних вузлів для транспортування великогабаритного гірничо-прохідницького обладнання, ці шахти не будуть демонтовані, а будуть адаптовані до нових експлуатаційних потреб.

У наступних фазах реалізації проєкту будівництва метрополітену, передбачено переобладнання згаданих вертикальних стволів із тимчасових технологічних споруд у постійно діючі інженерні об'єкти. Вони будуть інтегровані в загальну систему вентиляції лінії метрополітену та виконуватимуть функції вентиляційних шахт. Їхнє призначення полягатиме в забезпеченні належного мікроклімату та повітрообміну в тунельному просторі, що є обов'язковою умовою дотримання норм техніки безпеки, санітарно-гігієнічних вимог і комфортного функціонування підземної транспортної системи. Вентиляційні стволи сприятимуть видаленню відпрацьованого повітря, подачі свіжого повітря, а також забезпечуватимуть аварійне димовидалення у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Таким чином, дільниця №215/1 має комплексне інженерно-функціональне призначення, яке охоплює як етап активного будівництва, так і подальшу довготривалу експлуатацію системи метрополітену.

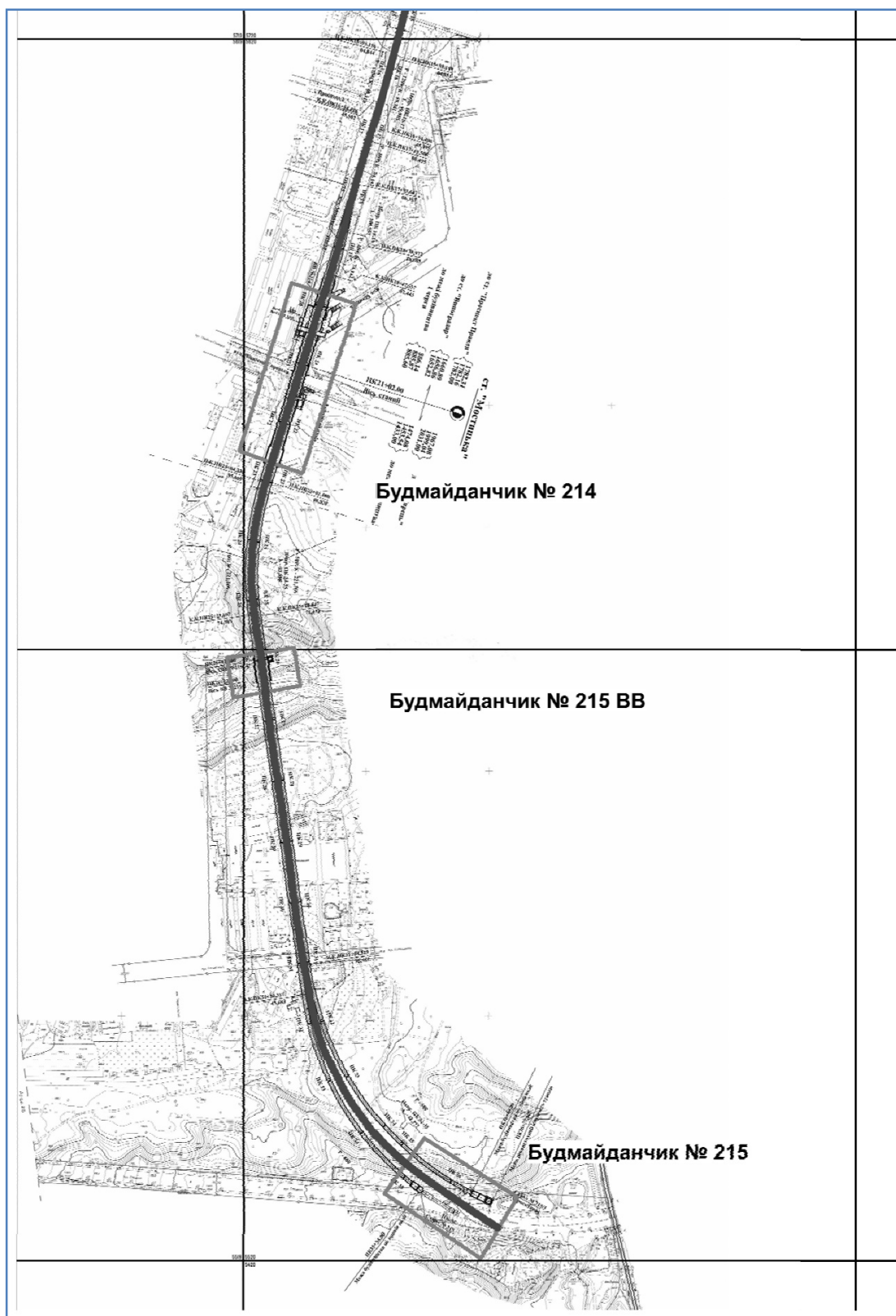


Рис. 1.2 - Схема розміщення будівельних майданчиків №№214, 215, 215 ВВ будівництва на ділянці Сирецько-Печерської лінії Метрополітену

2. НОРМАТИВИ ТА ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА МЕТРОПОЛІТЕНУ

2.1 Технічні вимоги до побудови геодезичної мережі

Таблиця 2.1 - Класифікація геодезичних мереж

Назва мережі	Підвиди / класи	Середня відстань між пунктами	Призначення
Державна геодезична мережа (ДГМ) (Постанова КМУ №646)	1, 2, 3, 4 класи	2–30 км	Загальнодержавна геодезична основа, забезпечує координати та висоти найвищої точності
Мережі згущення (Постанова КМУ №844)	1-го та 2-го порядку	0,5–2 км	Згущення ДГМ, основа для побудови знімальних і міських мереж
Знімальна геодезична мережа	Планова, висотна	0,2–0,8 км	Забезпечення топографічних знімів (масштаби 1:500–1:5000)
Міська геодезична мережа (основна полігонометрія)	Згущення, знімальна, детальна	0,1–1 км	Геодезична основа для проектування та забудови в межах міських територій
Розбивочна (згущення основної полігонометрії) мережа	Тимчасові точки, осі будівель	До 100 м	Виконання локальних інженерно-геодезичних робіт (розбивка, контроль)

Геодезична мережа — це сукупність закріплених на місцевості точок (пунктів), просторове положення яких визначено в єдиній системі координат з відповідною точністю. Для ефективного геодезичного забезпечення будівництва лінії метрополітену згущена планово-висотна мережа повинна відповідати низці технічних вимог, які регламентуються чинними нормативно-правовими актами, інструкціями та державними стандартами України.

Геодезична мережа повинна забезпечувати необхідну точність, щільність і надійність визначення положення об'єктів.

Побудова мережі виконується в єдиній державній системі координат (УСК-2000 або МСК населеного пункту).

Мережа повинна бути ув'язана з пунктами державної геодезичної мережі (ДГМ) або з базовими пунктами 1–2 класу.

Щільність пунктів мережі визначається вимогами до точності зйомки, будівництва та особливостями рельєфу і забудови.

Усі пункти мережі мають бути довготривало закріплені і мати можливість відновлення (центр закріплення, зовнішній знак, опис).

Основна полігонометрія на поверхні прокладається уздовж трас метрополітенів і тунелів різного призначення з метою забезпечення точок опори:

- а) трасування тунелів;
- б) перенесення проекту споруд в натуру;
- в) збійці тунелів у плані.

Основна полігонометрія прокладається у вигляді мережі замкнутих полігонів або одиночних ходів між точками триангуляції; при цьому довжини полігонометричних ходів повинні бути в межах 3 - 4 км. Лінійна прив'язка до пунктів триангуляції частіше ніж через кожні 3 км допускається за умови, що похибки у визначенні точок триангуляції не вносять помітного спотворення в результати польових вимірювань.

Основна полігонометрія може служити самостійним планово-геодезичним обґрунтуванням будівництва тунелів невеликої протяжності (до 1 км).

При проектуванні, розвідці та проведенні польових вимірювань основної полігонометрії слід враховувати та дотримуватися:

а) при будівництві метрополітенів основна полігонометрія повинна бути прокладена у вигляді мережі замкнутих полігонів;

б) ходи повинні мати найменшу кількість переломів і по можливості, прокладатися паралельно трасі. Перемички (ходи поперечні напрямку траси) повинні мати мінімальну довжину;

в) ходи основної полігонометрії повинні бути прокладені, по можливості, між точками тріангуляції, які мають прямий взаємний зв'язок;

г) довжини ходів між вузловими точками не повинні перевищувати 1 км;

д) під час рекогностування необхідно передбачити додаткову передачу дерекційних кутів з пунктів тріангуляції на сторони полігонометричної мережі променями значної довжини;

е) середня довжина лінії повинна бути близько 250 м, найкоротша - не коротше 150 м, найдовша: для метрополітену - не більше 300 м, а за межами міст - не більше 500 м;

ж) для метрополітенів і тунелів протяжністю понад 0,5 км відносна невязка у периметрі хода не повинна перевищувати 1:30 000 - 1:35 000, а для тунелів довжиною менше 0,5 км - 1:20 000;

з) середня квадратична похибка вимірюваного кута не повинна перевищувати $\pm 3''$;

і) коефіцієнт випадкового впливу при вимірюванні ліній (μ) не повинен перевищувати $\pm 0,0003$, а коефіцієнт систематичного впливу не повинен бути більше 0,00001;

к) вимірювання кутів і ліній основної полігонометрії проводяться двічі, в різний час і при різних умовах. Другі спостереження рекомендується проводити іншим спостерігачам і приладом.

л) розбіжність між двома показаннями і напрямком замикання в напівприйомі не повинно перевищувати $\pm 8''$;

м) коливання зведених до нуля напрямків в деяких прийомах не повинні перевищувати $\pm 10''$, а при коротких сторонах (30 - 40 м) $\pm 15''$;

н) кутова нев'язка у замкнутих полігонах або в ходах між жорсткими дирекційними кутами не повинна перевищувати $\pm 8\sqrt{n'}$, де n' - кількість виміряних кутів в полігоні або ході;

На будівельних майданчиках метрополітену відкритим способом основна полігонометрія прокладається відповідно до рекомендацій п. 2.04.

Для забезпечення розбивочних робіт мережу згущують ходами з довжиною сторін близько 50 - 70 м.

При встановленні знаків повинна бути забезпечена їх безпека при будівництві, для чого розвідник повинен детально вивчити проект організації робіт по будівництву тунелів.

При вимірюванні кутів та ліній по ходам згущення керуються допусками, встановленими для підхідної полігонометрії.

2.2 Рекогностування та закріплення знаків

Проект основної полігонометрії для будівництва метрополітенів і тунелів складається на підставі існуючих планів (а при їх відсутності - на схемі, складеної в результаті загальної рекогностування) з нанесенням на них проектованої траси, стволів, порталів і будівельних майданчиків.

При складанні проекту основної полігонометрії необхідно враховувати подальший розвиток мережі метрополітену.

При складанні проекту основної полігонометрії повинна бути передбачена найбільш простий і зручний зв'язок полігонометрії з триангуляцією (або з тунельною полігонометрією, прокладеною замість триангуляції), а також намічені системи і методи урівнювання.

В ході детальної рекогностировці остаточно встановлюються місця установки полігонометричних знаків з урахуванням підземних комунікацій.

Визирний промінь повинен проходити на висоті не менше 0,5 м над поверхнею землі і не ближче 0,5 м від бічних предметів.

В результаті рекогностування складається остаточна схема розташування полігонометричних знаків, а при необхідності - пояснювальна записка.

Полігонометричні знаки, в залежності від місця їх розміщення, можуть використовуватися різних видів. Незалежно від обраного типу, полігонометричний знак повинен відповідати наступним основним умовам:

- а) мати чітко визначену точку, прийняту за центр знака;
- б) повинен бути міцним і стійким;
- в) зручний для проведення кутових і лінійних вимірювань.

Типи центрів і реперів ДГМ згідно з порядком МАППУ №435

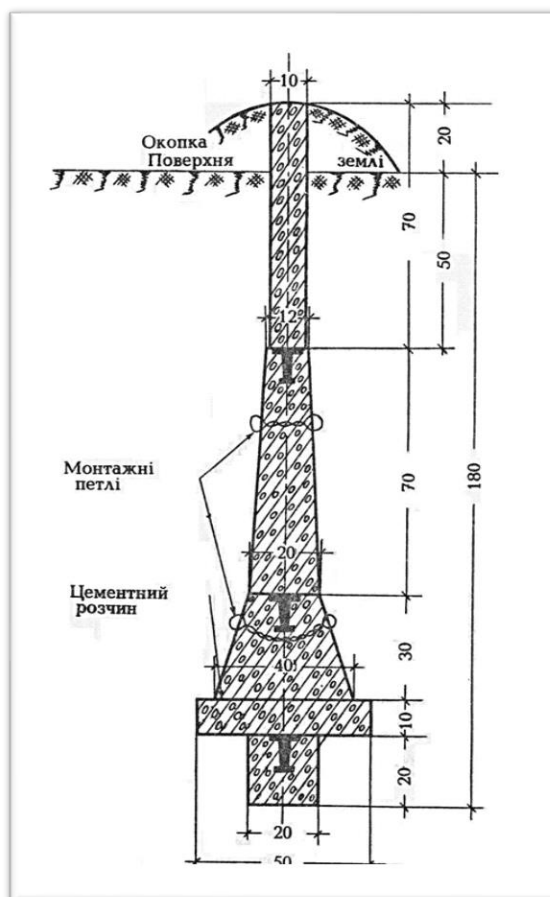


Рис. 2.1 - Тип У1оп. Ґрунтовий центр геодезичних пунктів 1, 2 класів.

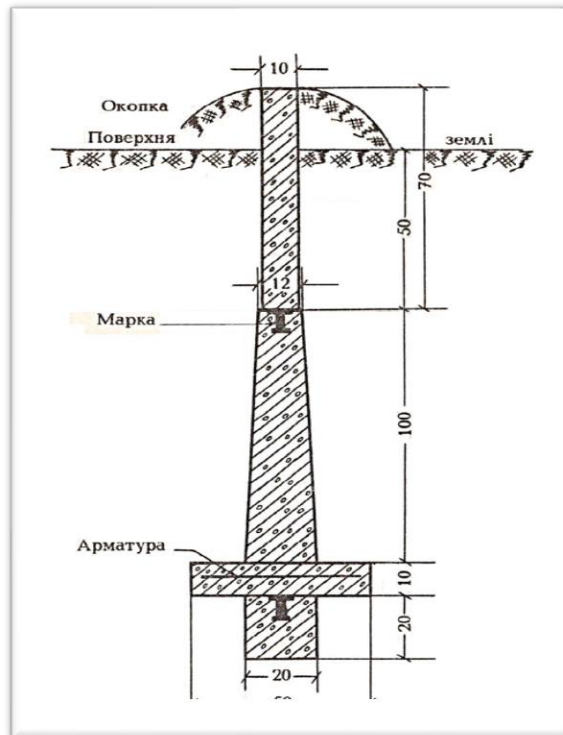


Рис. 2.2 - Тип У2оп. Грунтовий центр геодезичних пунктів 3 класу.

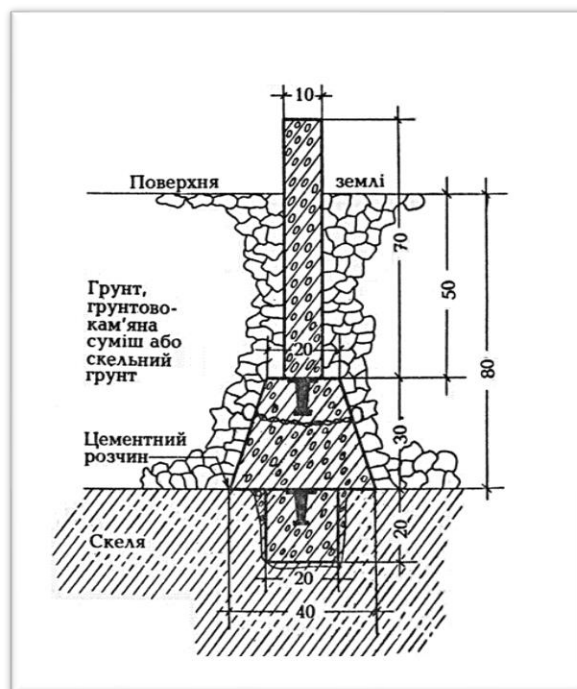


Рис. 2.3 - Тип У3оп. Скельний центр геодезичних пунктів 1, 2 і 3 класів за глибини залягання скелі до 80 см.

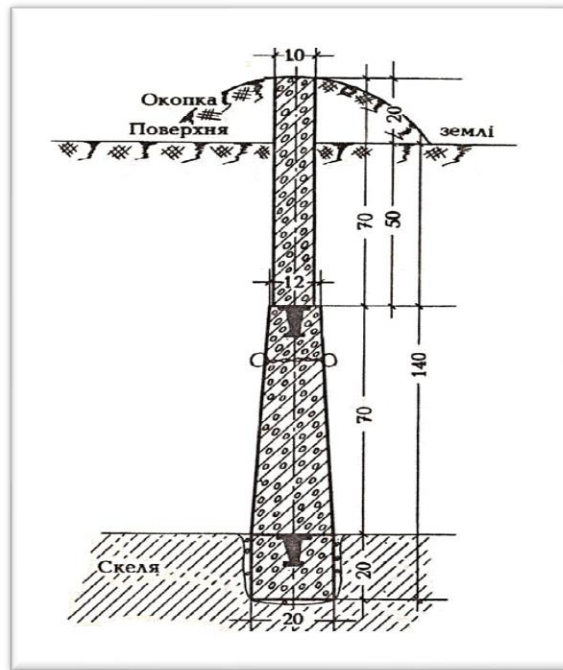


Рис. 2.4 - Тип 14оп. Скельний центр геодезичних пунктів 1, 2 і 3 класів за глибини залягання скелі 80-120 см.

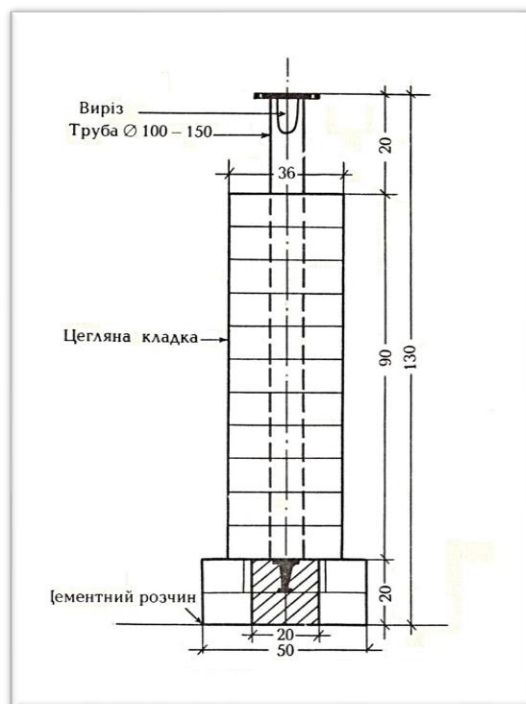


Рис. 2.5 - Тип У16. Центр геодезичних пунктів 1, 2 і 3 класів, які закладаються на дахах будівель.

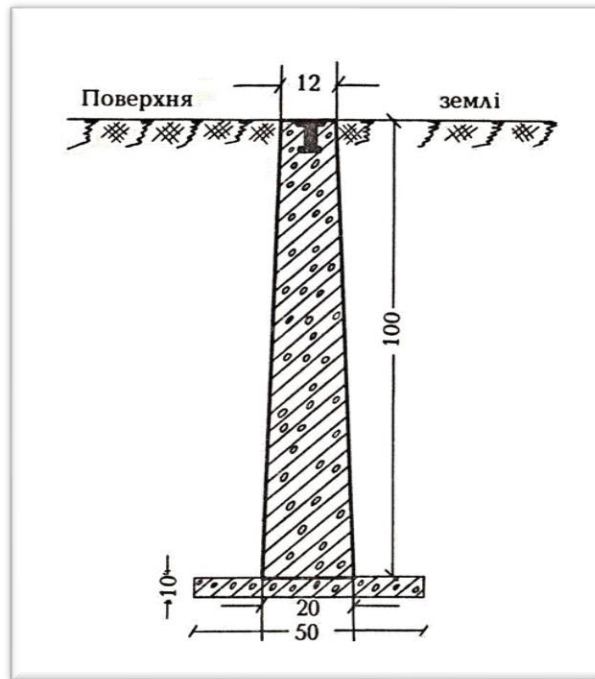


Рис. 2.6 - Тип У5. Центр пунктів-супутників

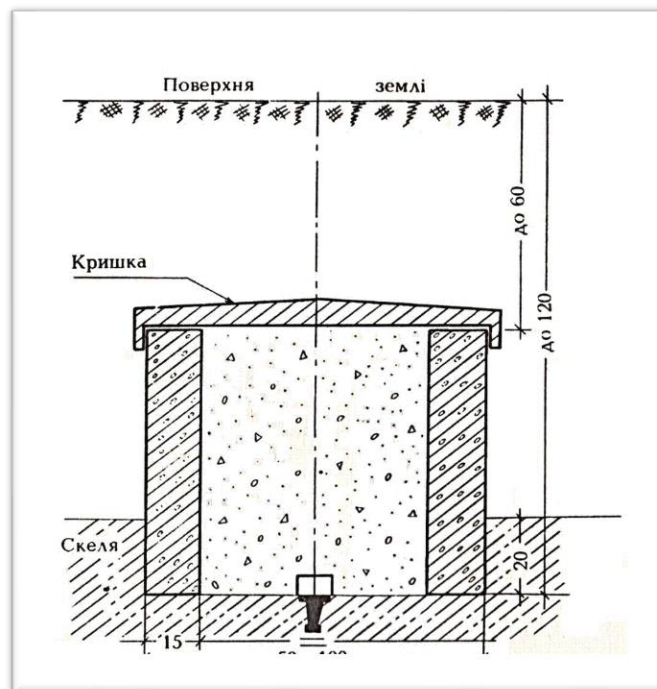


Рис. 2.7 - Тип 173. Віковий репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів за глибини залягання скелі до 120 см.

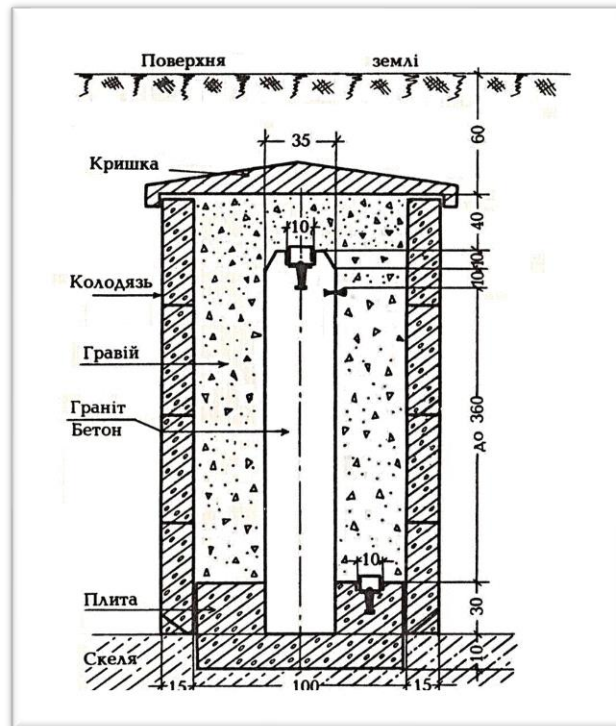


Рис. 2.8 - Тип 174. Віковий репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів за глибини залягання скелі 120-500 см.

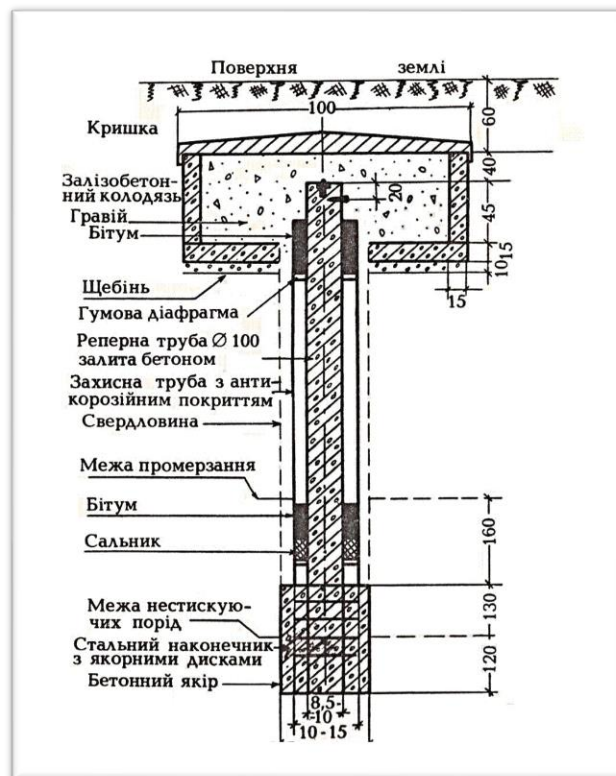


Рис. 2.9 - Тип 175. Віковий (трубчастий) репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів за глибини залягання скелі понад 500 см.

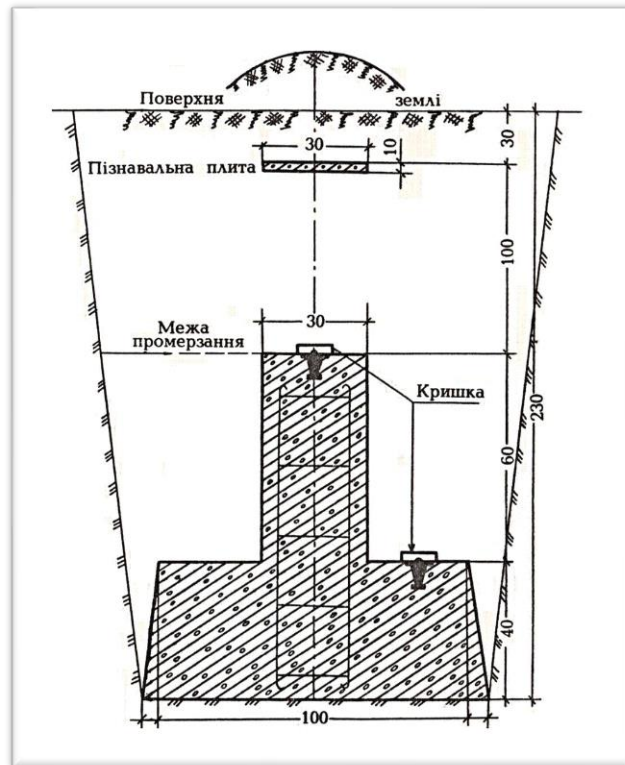


Рис. 2.10 - Тип 161. Фундаментальний репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів.

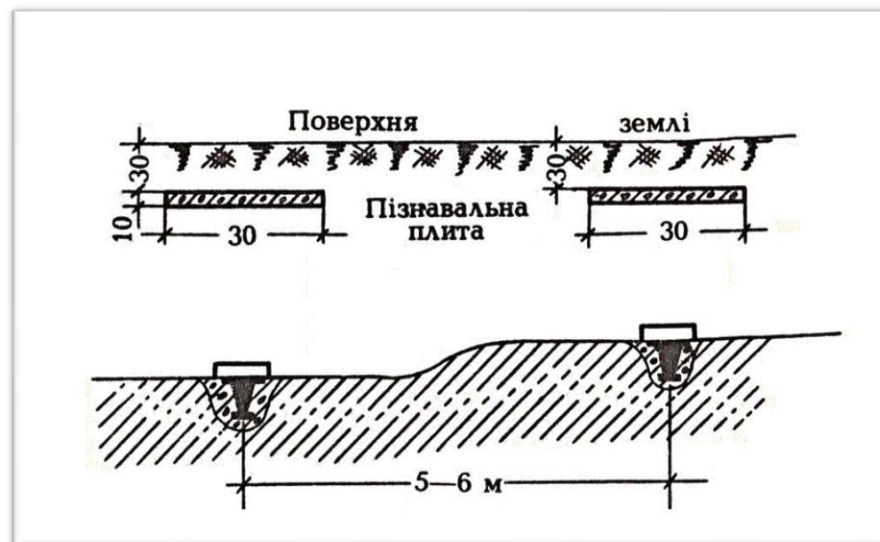


Рис. 2.11 - Тип 114. Фундаментальний репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів при закладанні у скельні породи

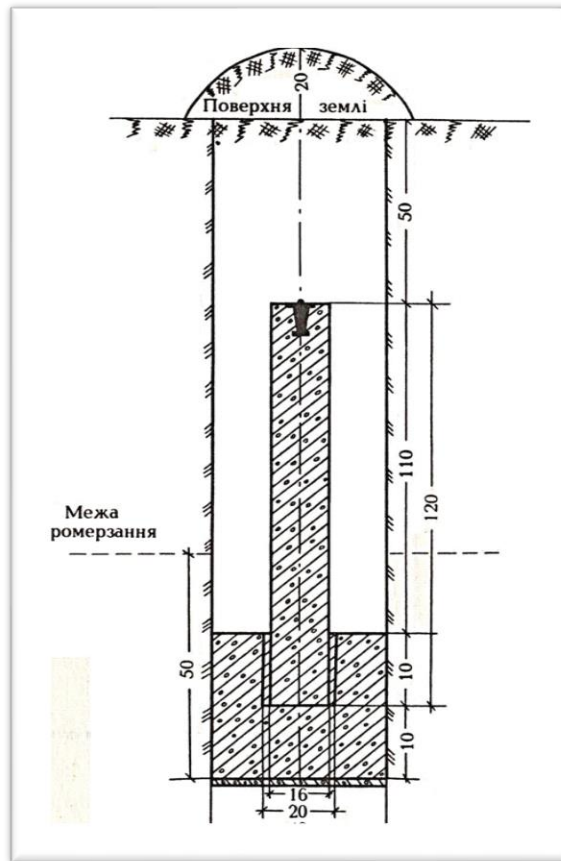


Рис. 2.12 - Тип 160. Грунтовий репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів

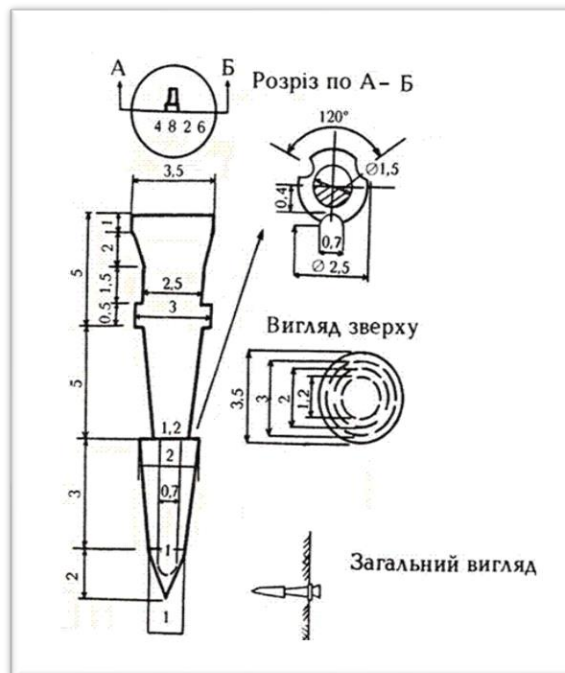


Рис. 2.13 - Тип 143. Стінний репер нівелірних пунктів I, II, III і IV класів

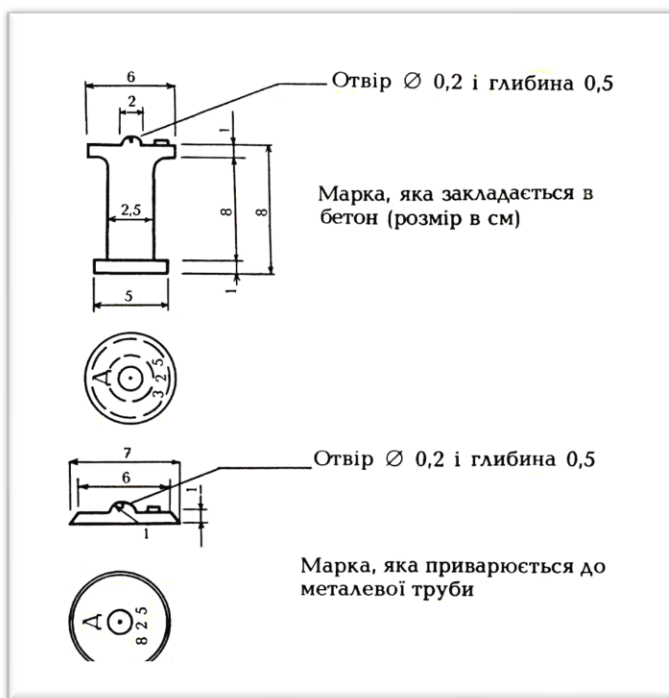


Рис. 2.14 - Типи марок центрів і реперів пунктів ДГМ

Згідно з ВСН_160-69-1970 для незабудованої місцевості полігонометричними знаками можуть служити рейки (рис. 2.15) або металеві труби з якорем, забетоновані нижче глибини промерзання ґрунту, а також бетонний моноліт з металевим стрижнем. У населених пунктах використовуються знаки типу, показані на рис. 2.16, а також мітки, закріплені в бетонній основі дорожнього покриття або в бордюрному камені. Допускається використання ободів каналізаційних колодязів.

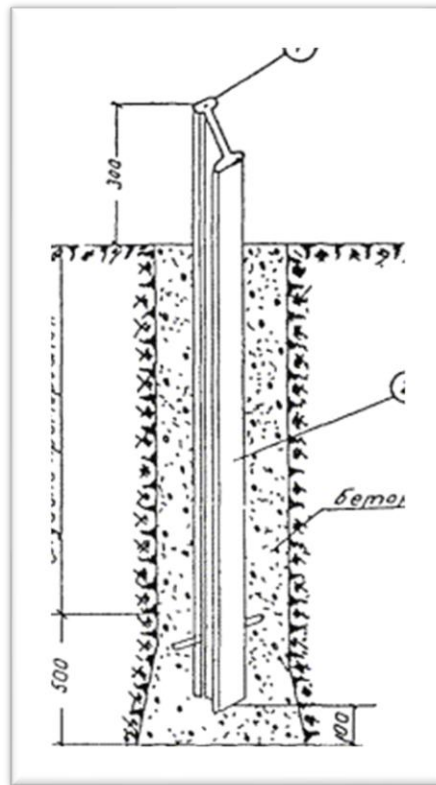


Рис. 2.15 - Закріплення капітального полігонометричного знака
1 – центр значка, отвір $\varnothing = 2$ мм з мідною монетою, 2 – рейка. Розміри вказані в міліметрах

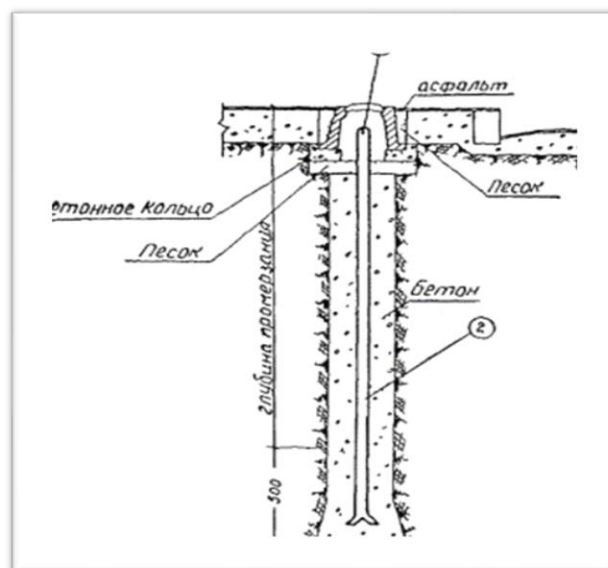


Рис. 2.16 - Закріплення капітального наземного полігонометричного знака з ковпачком 1 - центр значка, отвір $\varnothing = 2$ мм з мідною монетою; 2 - металевий стрижень $\varnothing = 40$ мм. Розміри вказані в міліметрах

Після закладання полігонометричного знака його пов'язують з локальними об'єктами; складається виконавча схема закладених знаків, а також альбом прив'язок із зазначенням типу знаків.

2.3 Вимоги до вимірювання кутів та ліній

Для вимірювання кутів основної полігонометрії використовуються оптичні теодоліти типу Т-2 (ОТО, ТБ-1 та їх еквівалент). Оглядаються інструменти, які не мають заводського паспорта. В процесі роботи їх необхідно систематично перевіряти; Особливу увагу слід приділити ретельному юстируванню оптичного центратора.

Вимірювання кутів проводиться методом кругової техніки в чотири етапи, з перестановками лімба під кутом 45° , при цьому в одному положенні оптичного центру спостерігаються два прийоми, а два інших - в центрирі, повернутому на 180° .

Кожна зміна положення центрування інструменту повинна відповідати новому центруванню визирних марок з їх поворотом на 180° .

При роботі з приладами, оптичний центрир яких вбудований в алідаду, перецентрування теодоліта не виконується.

Щоб уникнути впливу рена на результати вимірювань, обов'язковим є використання всього барабанного інтервалу оптичного мікрометра.

При вимірюванні кутів особливу увагу слід приділяти ретельному центруванню приладів для вимірювання кутів і прицільних міток.

Похибка центрування не має перевищувати 0.8мм.

При проведенні кутових вимірювань на станціях більш ніж з двома напрямками в місцях інтенсивного вуличного руху допускається вимірювання окремих кутів з виходом похибки горизонту.

Гранична похибка у сумі кутів уздовж горизонту f_β не повинна перевищувати значення, визначеного за формулою

$$f_\beta = \pm 2m'_\beta \sqrt{n'} = \pm 6'' \sqrt{n'},$$

де m'_β – середня стандартна похибка власне вимірювання кута;

n' – кількість кутів.

При вимірюванні кутів внецентральним методом слід дотримуватися наступного:

а) якщо довжина ліній більше 200 м, переміщати інструмент від центру знака можна в будь-якому напрямку;

б) при подовженому ході і довжині лінії від 150 до 200 м інструмент повинен бути зміщений під кутом не більше 45° до напрямку руху;

в) при вимірюванні кутів, близьких до 90° , інструмент слід переміщати приблизно по вирівнюванню короткої сторони;

г) у вузлових точках інструмент переміщують приблизно по вирівнюванню найкоротшої сторони;

д) зміщення інструменту від центру полігонометричного знака не повинно перевищувати 20 м;

е) лінійний елемент центрування (е) повинен вимірюватися сталевією компарованою рулеткою із середньою похибкою не більше 1 мм;

ж) Елемент центрування кута \odot вимірюється двома повними круговими прийомами.

У польовому журналі ретельно накреслено розташування приладу по відношенню до центру полігонометричного знака і до вимірюваних напрямків.

Коливання зведених до нуля напрямків в окремих техніках і розбіжності замикаючих зразків до початкового напрямку не повинні перевищувати $\pm 8''$.

Допустима кутова похибка f_β в окремому ході або замкнутом полігоні не має перевищувати величини, розрахованої за формулою

$$f_\beta = \pm 2m_\beta \sqrt{n'} = \pm 6'' \sqrt{n'},$$

де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кута;

n - число кутів, виміряних в ході або полігоні.

Вимірювання кутів при визначенні неприступних відстаней і при знятті координат з пунктів триангуляції проводиться з такою ж точністю, як і при

вимірюванні кутів основної полігонометрії. Особлива увага приділяється повірці головної осі обертання інструменту.

При вимірюванні похилих напрямків необхідно вносити поправки на відхилення від вертикалі головної осі обертання інструменту.

При наявності інтенсивного руху транспорту або неспокійних зображень рекомендується вимірювати полігонометрію в нічний час.

Після закінчення кутових вимірів складається схема, на якій записуються значення всіх вимірних кутів і похибки.

Основні лінії полігонометрії вимірюються інварними дротами в повітрі по штативам або кілками з постійною напругою в 10 кг за допомогою грузів, підвішеними на кінцях дротів. Залишки ліній вимірюються за допомогою компарованою рулетки. Для тунелів невеликої довжини допускається вимірювати лінії сталевими компарованими рулетками, підвішеними з постійним натягом.

Вимірювання ліній дротом або сталевими рулетками проводиться в прямому і зворотному напрямках.

До і після початку роботи дроти необхідно компарувати на стаціонарному компараторі.

При проведенні польових робіт при вимірюванні ліній дроти компаруються на польовому компараторі не рідше одного разу на декаду.

При відсутності польового компаратора дроти порівнюються з двома нормальними дротами (не беруть участі в роботі). Довжина дроту в результаті сполучення повинна бути визначена із середньою квадратичною похибкою не більше ніж $\pm 0,15$ мм.

Приклад обробки результатів порівняння робочого дроту на польовому компараторі з контрольним виміром його довжини з двома нормальними проводами.

Сталеві рулетки, які використовуються в вимірювальних лініях, порівнюються не рідше одного разу на два місяці.

Установка триноги або стовпів кілка в співвісність вимірюваної лінії здійснюється за допомогою теодоліта. Гранична похибка підвішування визначається за формулою:

$$b = S \sqrt{\frac{1}{24T}}$$

де S - довжина вимірювального приладу;

T - знаменник максимальної відносної точності полігонометричного ходу.

$$\text{при } S = 24 \text{ м і } 1/T = 1/3000$$

$$b = \pm 28 \text{ мм} \approx \pm 3 \text{ см.}$$

Штативи або кілки розміщують уздовж лінії за допомогою кабелю з точністю до ± 3 см.

Температуру повітря при роботі з інварним проводом вимірюють через кожні 2 прольоти, а при використанні сталеві рулетки - на кожному прольоті і відраховують до 1° . Термометр повинен знаходитися в тих же умовах, що і вимірювальний прилад.

На прольоті робляться три пари показань. Найбільші розбіжності в опорних різницях (П-3) на дротяних шкалах не повинні перевищувати 0,5 мм.

Результати лінійних вимірювань заносяться до журналу вимірювань лінії за формою.

Різниця в довжині прольоту, виміряна в прямому і зворотному напрямках після температурної корекції, не повинна перевищувати 0,5 мм.

Відносна похибка вимірювання лінії, одержувана в результаті розбіжності прямого і зворотного ходів, не повинна перевищувати 1 : 70000.

Якщо довжини ліній менше 200 м, розбіжність між результатами вимірювань прямого і зворотного ходу не повинна перевищувати 3 мм.

При вимірюванні ліній у зворотному напрямку лотки необхідно повертати на 180° .

Для визначення поправок на нахил вимірювального приладу виконується нівелювання штативів або кілків вирівнюють на двосторонніх рейках - по одному горизонту, по односторонніх рейках - на двох горизонтах.

Точність визначення перевищень стовпів триног або кілків 24-метрових прольотів визначається за формулою

$$dh = \frac{l^2 \sqrt{n}}{12Tn},$$

де l - довжина вимірювального приладу;

h - надлишок на прольоті;

T - знаменник максимальної відносної точності полігонометричного ходу;

n - кількість пачок вимірювального приладу в рядку.

Таким чином, похибка у визначенні перевищень кожного з 24-метрових прольотів для ліній довжиною 300 м і $T = 30000$ не повинна перевищувати:

а) $\pm 5,5$ мм для перевищень не більше 1 м;

б) ± 3 мм для перевищень від 1 до 2 м;

в) ± 2 мм для перевищень від 2 до 3 м;

г) $\pm 1,5$ мм для перевищень від 3 до 4 м.

Довгі сторони допускається вимірювати ділянками, які повинні бути з'єднані між собою як мінімум двома загальними прольотами.

При визначенні неприступної відстані підстави вимірюються з такою ж точністю, як і лінії основної полігонометрії.

Допускається при необхідності проводити непрямі визначення ліній з точністю, прийнятою в основній полігонометрії.

2.4 Прив'язки до пунктів Державної Геодезичної Мережі

У тому випадку, якщо безпосередньо виміряти відстані до центру точки триангуляції неможливо, прив'язка полігонометричних ходів виконується методом знесення координат. Схема знесення повинна мати не менше двох безпосередньо вимірних базисів, довжина кожного з яких приблизно дорівнює неприступній відстані до пункту триангуляції.

Розташування базисів в схемі знесення рис. 2.17 має бути вибрано з таким розрахунком, щоб кути трикутників, протилежних базисам були не менше 40° і не більше 140° .

Передача дерекційного кута від пунктів тріангуляції до сторін основної полігонометрії повинна проводитися при довжині візирного променя не менше 400 м.

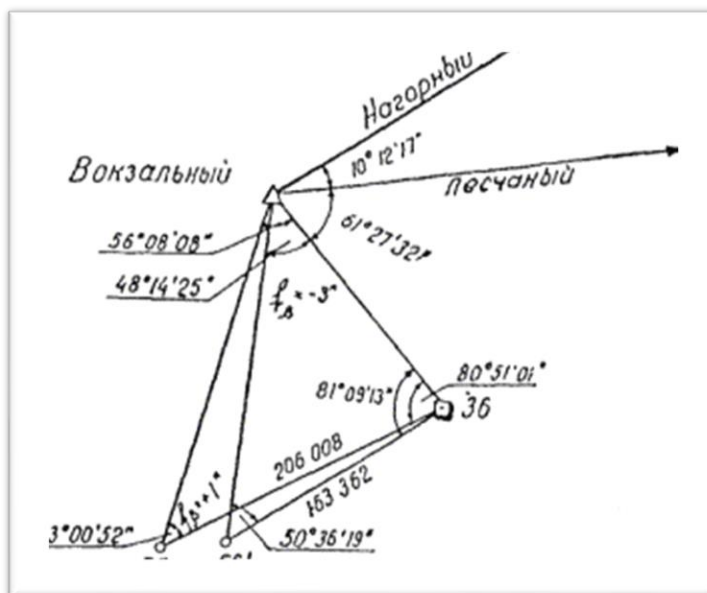


Рис. 2.17 - Схема знесення координат. Довжини сторін вказуються в м.

Якщо необхідно спроектувати центр знака для вимірювання кутів в пункті тріангуляції, то ця робота виконується за допомогою ретельно вивіреного теодоліта з трьох станів інструменту з розрахунком отримання розрахункових площин під кутами 120° , але не менше 45° .

Проектування виконується за допомогою двох кіл. Трикутник похибок не повинен мати медіану більше 5 мм.

Вимірювання кутів на пункті тріангуляції для знесення координат проводиться в чотири кругові прийоми з вимірюванням не менше двох напрямків до точок тріангуляції.

Похибки в трикутниках не мають перевищувати $\pm 10''$.

При зміщенні інструменту по центру в пункті триангуляції елементи співвісності повинні бути виміряні двічі з похибкою лінійного елемента не більше ± 1 мм.

При наявності редукції його елементи вимірюються так само, як і елементи центрування.

Обробка результатів кутових і лінійних вимірювань проводиться за правилами, викладеними в даному розділі.

З метою врівноваження вимірювань, зроблених при знесенні координат, складається схема, на якій записуються значення виміряних кутів, довжин ліній і отриманих кутових залишків в цифрах.

У схемі знесення, що складається з двох трикутників, спільна сторона цих трикутників розраховується окремо для кожного трикутника (з попереднім розподілом кутових похибок порівну на три кути).

Розбіжність в розрахункових значеннях неприступної відстані двох трикутників не повинно перевищувати 1:25000. При спрощених розрахунках середнє значення береться за результатами неприступної відстані, яке використовується для обчислення координат.

При несприятливій формі трикутників рекомендується зробити строгий баланс координат з поправками як в вимірюваних кутах, так і в довжинах базисів.

В процесі балансування необхідно оцінити точність знесення координат.

2.5 Вимоги до розрахунку полігонометрії, оцінка точності та складання технічного звіту

Журнали для вимірювання кутів, ліній і нівелювання стовпів слід обробляти в дві руки. Середні значення результатів записуються в журнали чорнилом.

Поправки на центрування і редукцію кутових вимірювань обчислюються в дві руки.

Після закінчення обробки журналів вимірювань ліній проводиться розрахунок довжин ліній з усіма внесеними виправленнями.

Поправки за проектування на площину прийнятого рівня вносяться в довжину ліній в тих випадках, коли вона перевищує 1:150 000 довжини лінії; при їх розрахунку використовується формула.

Для редуціювання довжини ліній до площини проекції Гаусса використовується формула.

Всі поправки на вимірювані лінії розраховуються з точністю до 0,1 мм. Остаточну довжину лінії округляють до 1 мм.

Розрахунок довжин ліній проводиться на бланках (аркушах) в дві руки, розбіжність в результатах розрахунків не повинно перевищувати 0,4 мм.

По завершенню обробки польових журналів, розрахунку довжин ліній і редуціювання їх до прийнятого горизонту складається схема ходів із зазначенням на ній кінцеві значення кутів, довжин ліній і кутових нев'язок фігур. Тоді точність кутових вимірювань оцінюється за формулою:

$$m_{\beta} = \pm \sqrt{\frac{\left[\frac{f_{\beta}^2}{n'} \right]}{N}},$$

де m_{β} – середня квадратична похибка вимірюваного кута;

f_{β} – кутова нев'язка в полігоні або ході;

n' – кількість кутів у полігоні або ході;

N - число полігонів і ходів.

Приклад точності кутових вимірювань наведено в додатку.

Оцінка точності лінійних вимірювань за відмінностями подвійних вимірювань.

Коефіцієнт впливу випадкових похибок на 1 м довжини розраховується за формулою:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pd_1^2]}{2(n-1)K}},$$

$$\left(p = \frac{K}{S} \right)$$

Де p - вага - величина, зворотня довжині лінії ;

K - довільно підібраний коефіцієнт;

n - число ліній, що входять в оцінку точності;

d_1 - рахується за формулою

$$d_1 = d - \lambda S; \quad \lambda = \frac{[d]}{[S]},$$

де λ – коефіцієнт залишкового систематичного впливу лінійних вимірювань;

d - різниця між значеннями довжин ліній з двох вимірів в різний час

Приклад оцінки точності наведено в додатку.

Врівноважування полігонометричної мережі проводиться окремо: спочатку врівноважуються кутові вимірювання для обчислення найбільш вірогідного значення дирекційних кутів ліній у вузлових точках, а потім врівноважуються прирости координат для обчислення кінцевих координат вузлових точок. Після цього поодинокі ходи мережі врівноважуються між вузловими точками.

Ваги дирекційних кутів вузлових ліній є величинами, обернено пропорційними числу виміряних кутів ходуу; для координатних ваг - величини, обернено пропорційні квадрату середньої квадратичної з попередньо обчисленою похибкою в положенні кінцевої точки ходу, що обчислюється окремо для витягнутих і ламаних ходів при значеннях:

$$\pm 0,0003; \quad \pm 0,00001; \quad m_{\beta} = \pm 3''$$

При врівноваженні полігонометрична мережа розбивається на окремі ділянки, які пов'язані з точками триангуляції. Врівноваження проводиться окремими ділянками, і в кожній ділянці спільно вирішуються всі виникаючі умови за методикою професора В.В. Попова.

Якщо величина відносній нев'язці в полігонометричному ході менше 1 : 50000, допускається врівноважувати ходи спрощеним методом: кутова нев'язка розподіляється однаково на всіх кутах, а нев'язка в сумах приростів координат пропорційний довжин сторін з подальшим обчисленням корекції на дирекційні кути і міри ліній.

Якщо відносна нев'язка полігонометричному ході більше 1 : 50000, необхідно врівноважити хід за методом найменших квадратів. Для витягнутих ходів під час врівноваження можуть використовуватися таблиці.

Полігонометричний хід вважається витягнутим, якщо напрямок ліній цього ходу відхиляється від напрямку замикаючого в межах 24° і якщо цей хід розташований поблизу замикаючого ходу, відхиляючись від неї в ту чи іншу сторону не більше ніж на $1/8$ її довжини.

В особливо важливих місцях врівноваження секцій проводиться суворим методом спільного врівноваження кутових і лінійних вимірювань.

При врівноваженні дирекційні кути вираховуються до $0,1$; приріст координат и координати – до $0,1$ мм. В каталог виписуються врівноваженні значення:

- а) дирекційні кути, округлені до найближчих $1''$;
- б) лінії - округлені до 1 мм;
- в) координати - округлені до 1 мм.

Форма каталогу координат полігонометричних знаків наведена в додатку.

Після завершення врівноваження на основі врівноважених даних оцінюється точність полігонометричної мережі. Середня квадратична похибка кута визначається за формулами:

- а) при врівноваженні методом вузлових точок проф. В.В. Попова

$$m'_\beta = \pm \sqrt{\frac{\left[\frac{f_\beta^2}{n'} \right]}{N - K}},$$

де f_β - кутові нев'язки ходів;

n' - число кутів в ході;

N - число всіх ходів;

K - число вузлових точок в системі;

- б) при балансуванні методом багатокутників проф.

$$m'_\beta = \pm \sqrt{\frac{\left[\frac{(\sum v_\beta)^2}{n'} \right]}{r}},$$

де $\sum v_{\beta}$ – сума поправок кутів по ходам між вузловими точками;

n' – кількість кутів в ході;

r - номер рівняння в системі.

Середні похибки координат на кілометр ходу збалансованої полігонометричної мережі обчислюються за формулами:

$$m_y = \pm \sqrt{\frac{[\delta_y^2]}{r}}; \quad m_x = \pm \sqrt{\frac{[\delta_x^2]}{r}};$$

де δ_y і δ_x - поправки в приростах координат, отримані в ходах між вузловими точками;

l - довжини ходів, виражені в кілометрах;

r - число умовних рівнянь в мережі.

Середня квадратична похибка абсолютного переміщення ходу на 1 км визначається за формулою

$$M = \pm \sqrt{m_y^2 + m_x^2}.$$

Складається таблиця, що характеризує отриману точність полігонометрії для кожного ходу, у вигляді таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Характеристика точності полігонометричного ходу

№ ходів по порядку	№ кінцевих точок ходу	Довжина ходу в метрах	f_y	f_x	f_s	$\frac{f_s}{[S]}$
			в міліметрах			
1	3642 - 5027	316	+8	-1	8	1 : 39000
2	4137 - 5932	895	-5	+9	10	1 : 89000
3	3059 - 4879	735	+3	-18	18	1 : 41000

По завершенню польових і розрахункових робіт складається детальний технічний звіт, який повинен містити:

а) опис умов ведення розвідки;

б) характеристика частоти і способів прив'язки з пунктами триангуляції;

в) характеристика закладених знаків, їх розподіл за видами, дані про використані знаки міської полігонометрії;

г) перелік використовуваних інструментів, опис методу кутових і лінійних вимірювань і результати оцінки їх точності;

д) опис методу врівноваження мережі і результатів розрахунків (кутові нев'язки, нев'язки в координатах і відносні);

е) оцінка точності кінцевих результатів, їх відповідності технічним вимогам.

Якщо основна полігонометрія є самостійною основою для побудови тунелів, то звіт також повинен містити:

а) розрахункове обґрунтування прийнятого методу роботи;

б) аналіз достовірності вихідних даних;

в) обґрунтування прийнятої зони проекції Гаусса і площини рівня.

Тут же повинні бути дані вказівки по внесенню поправок до елементів підходної і підземної полігонометрії;

г) загальний висновок про придатність виконаної полігонометрії для забезпечення необхідної точності всіх гірничих робіт і особливо точності переходів зустрічних тунелів.

2.6 Вимоги до нівелювання II, III та IV класу, розрахунок оцінки точності нівелювання

Нівелювання II класу

Для виробництва нівелювання II класу застосовуються:

а) нівеліри типів N-1, N-2, NS2 (NB-1, NA-1 та їх еквіваленти);

б) рейки з інварною смугою і круглими рівнями.

Перед початком польових робіт рівень повинен бути оглянутий, а рейки - компаровані.

Величина ktg і визначається шляхом подвійного нівелювання перед початком роботи і щоденно протягом перших днів роботи. Якщо ця величина залишається постійною, то в подальшому її можна визначити раз на три дні.

При вирівнюванні брусування укладають на черевики або спеціальні штирі, вбиті в землю або тверде покриття проїздів або тротуарів. Настінні або ґрунтові орієнтири, як правило, вирівнюються проміжними поглядами.

Під час підрахунку обрешітку встановлюють у вертикальному положенні на круглому рівні. Правильність рівнів щодня перевіряє схил.

Нівелювання між відмітками і орієнтирами проводиться в прямому і зворотному напрямках. Нормальною відстанню між інструментом і рейками вважається 65 м. Прицільна балка не повинна проходити нижче 0,5 м над поверхнею землі. Якщо відстань від інструменту до рейок не перевищує 30 м, висота прицільної балки допускається до 0,3 м.

Нерівність відстаней від рівня до обрешітки допускається не більше 1 м. Сума нерівностей по ходу між орієнтирами не повинна перевищувати 2 м.

Нівелювання проводиться в години спокійних і чітких зображень. У ясну сонячну погоду нівелювання проводять приблизно з 6 до 10 години і з 15 години з припиненням роботи за 1 - 1,5 години до заходу сонця.

Під час роботи на станції і при переході на наступну станцію нівелір захищений парасолькою від сонячних променів.

Під час проведення робіт особливу увагу слід приділити захисту і стійкості штатива і черевиків під рейками.

Нівелірні ходи пов'язують з марками за допомогою підвісної рейки з ескізом у журналі її положення і розташуванням виступів ниток сітки інструменту.

Нівелювання II класу проводиться методом вирівнювання. Різниця в перевищеннях, отриманих з показань на основній і додатковій шкалах рейки, не повинна перевищувати 0,7 мм (15 поділок відліку барабана).

Порядок проведення робіт і контролю на станції здійснюється відповідно до вказівок Інструкції Головного управління з нівелірування.

Допустимі розбіжності в перевищеннях між прямим і зворотним ходами, а також нев'язки в полігонах або ходах, спираючихся на марки та репери I і II класів визначаються за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 5 \text{ мм} \sqrt{L}$$

де L - кількість кілометрів.

В гірській місцевості допустима нев'язка визначається за формулою

$$f_{\text{доп}} = \pm 1,2 \text{ мм} \sqrt{n}$$

де n - кількість штативів в ході.

Якщо залишковий хід більше зазначеного, нівелювання на цій ділянці повторюється в одному, менш надійному напрямку.

Якщо результати повторного нівелювання відрізняються від результатів початкового, прямого і зворотного нівелювання не більше ніж на півтора допуску ($\pm 7\sqrt{L}$, мм), тоді за кінцеве перевищення береться середнє арифметичне з трьох перевищень. При великих розбіжностях нівелювання повторюється знову в прямому і зворотному напрямках.

Точність результатів нівелювання оцінюється:

а) за нев'язками в полігонах і ходах між марками і реперами.

Середньоквадратична випадкова похибка нівелювання визначається за формулами:

$$\mu_{\text{полігон}} = \pm \sqrt{\frac{f_k^2}{n}}, \quad \mu_{\text{км}} = \pm \mu_{\text{полігон}} \sqrt{\frac{[L]}{L}}$$

де f_k – нев'язка полігона (ходу);

n - число штативів полігону (ходу);

N - число $gksujysd$ (ходів);

$[L]$ – загальна довжина полігонів (ходів).

б) за різницями перевищень, одержуваних при подвійному нівелюванні ходів.

Середня квадратична випадкова похибка на 1 км шляху

$$\mu_{\text{км}} = \pm \sqrt{\frac{\Delta^2}{2L}}$$

де Δ – значення різниці перевищень від подвійного нівелювання ходів;

L - довжини ходів;

N - число ходів;

в) після врівноважування за формулою обчислюється середньоквадратична похибка на 1 км шляху.

$$\mu_{1\text{км}} = \pm \sqrt{\frac{[p\delta]}{N-r}},$$

де p - вага ходу;

δ - поправка ходу;

N - число ходів нівелювання;

r - число вузлових точок.

Середня квадратична похибка на 1 км руху не повинна перевищувати $\pm 1,0$ мм, а на станції ± 3 мм.

Нівелювання III класу

Нівелювання проводиться замкнутими полігонами або витягнутими ходами в прямому і зворотному напрямках; ходи і полігони прив'язані до реперів нівелювання вищих класів.

Для нівелювання III класу застосовуються:

а) нівеліри типів Н-3, НС-3 (НВ-1, НСМ-2А з самовирівнювальною лінією візування та еквівалентні їм);

б) двосторонні 3-метрові шашкові рейки з сантиметровими поділками.

Рейки мають бути прокомпаровані. Випадкові похибки дециметрових поділок рейок не повинні перевищувати $\pm 0,5$ мм. Кожна рейка повинна мати круглий рівень, перевірений щоденно виском.

Під час нівелювання рейки встановлюють на черевики або залізні штирі, на репери і полігонометричні знаки.

Вирівнювання проводиться від середини на відстанях від інструменту до рейок близько 50 м.

Нівелювання проводиться на одній середній нитці, на чорній і червоній сторонах рейок. Зразок журналу для нівелювання III класу наведено в додатку.

Розбіжності між перевищеннями на станції, що визначаються чорною і червоною сторонами рейки, не повинні перевищувати 3 мм.

Допустимі нев'язки в ходах між опорними пунктами або в замкнутих полігонах визначаються за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 7 \text{мм} \sqrt{L}$$

де L - довжина ходу нівелювання або периметр полігону

При наявності в ході або полігоні більше 16 штативів на 1 кілометр, допустима нев'язка визначається за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 2 \text{мм} \sqrt{n}$$

де n – кількість штативів в ході або полігоні.

Нівелірні ходи III класу прокладаються в одному напрямку і опираються на репери I і II класів та на репери опірних ходів III класу.

Нівелювання III класу проводиться тими ж інструментами і методами, що і нівелювання опірних ходів III класу.

4.34. Допустимі нев'язки в ходах між реперами вищих розрядів або в замкнутих полігонах визначаються за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 10 \text{мм} \sqrt{L}$$

де L - довжина ходу нівелювання або периметр полігону

При наявності в ході або полігоні більше 16 штативів на 1 кілометр, допустима нев'язка визначається за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 2,5 \text{мм} \sqrt{n}$$

де n – кількість штативів в ході або полігоні

Нівелювання IV класу

Нівелірні ходи IV класу прокладаються між реперами вищих класів. Нівелювання проводиться в одному напрямку. Висячі ходи нівелюються в прямому і зворотному напрямках.

Нівелювання IV класу виконується нівелірами НВ-1, НГ, НТ та інші еквівалентні нівеліри, а також нівеліри НСМ-2а з самовирівнюванням лінії візування.

Рейки використовуються шашкові, двосторонні, з круглим рівнем.

Нормальною відстанню від нівеліра до рейки вважається 100 м, а при збільшенні зорової труби не менше 30* допускається збільшення відстані до 150 м.

Нерівність відстаней від нівеліру до рейки на станції не повинна перевищувати 5 м.

У ходах, спираючихся на пункти нівелювання вищих класів, а також в замкнутих полігонах граничні нев'язки не повинні перевищувати:

$$f_{\text{доп}} = \pm 20 \text{ мм} \sqrt{L}$$

де L - довжина ходу нівелювання або периметр полігону

При наявності в ході або полігоні більше 16 штативів на 1 кілометр, допустима нев'язка визначається за формулою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 5 \text{ мм} \sqrt{n}$$

де n – кількість штативів в ході або полігоні

Розрахунок оцінки точності нівелювання

Перед урівноваженням нівелювання перевіряють журнали спостережень, вносять усі необхідні виправлення до перевищень, складають схеми нівелірних ходів, листи перевищень і обчислюють кінцеві нев'язки в ходах і полігонах.

Урівноваження нівелірних ходів проводиться по окремих секціях, спираючихся на марки та репері нівелювання вищих класів. Всі умови, що виникають на ділянці, врівноважуються між собою за методикою професора В.В. Попова, а також методом послідовних наближень або вузлів. За ваги ходів беруться значення, обернено пропорційні кількості штативів. При малих значеннях залишків використовується спрощений метод.

Якщо нев'язки в ходах II класу між відмітками марок або реперів міського нівелювання перевищують допустиме значення пункту, допускається опускати ці марки або репері як вихідні, збільшуючи довжини секцій. Кожне таке рішення має бути обґрунтоване детальним аналізом якості виконаного нівелювання.

В окремих випадках допускається обчислення відміток реперів від умовного нуля, який в подальшому повинен бути прив'язаний до марок або реперів державної нівелірної мережі; після прив'язки виконується перерахунок відміток.

При урівноваженні підрахунок перевищень і відміток проводиться з точністю до десятих часток міліметра. Відмітки виписуються в каталозі з точністю до міліметра. Підрахунок перевищень і оцінок, а також складання каталогу марок проводиться в дві руки.

За результатами нівелювання II класу і опорних ходів III класу складається каталог реперів із занесеними в нього позначками тригонометричних і полігонометричних пунктів.

Технічний звіт з наземного нівелювання повинен містити:

- а) обґрунтування прийнятого класу;
- б) дані про прив'язку на міську або державну нівелірну мережу;
- в) характеристика марок і реперів, їх розподіл за видами;
- г) використовувані інструменти, методи нівелювання, дані оцінки точності;
- д) методи урівноваження, результати розрахунків (нев'язки в ходах), оцінка точність за результатами урівноваження;
- е) висновок про придатність виконаного нівелювання для всіх гірничо-будівельних робіт, для забезпечення звійки тунелів у профілі та для контролю деформацій наземних будівель і споруд.

Таблиця 2.3 Оцінка точності нівелювання

№ полігона (хода)	Число штативів, n	Нев'язка в міліметрах, f_h	f_h^2	$\frac{f_h^2}{n}$	Периметр полігона або хода в кілометрах, L
1	10	-3,3	10,89	1,09	1,1
2	13	+1,6	2,56	0,20	1,5
3	36	+1,7	2,89	0,06	3,5
4	14	+2,2	4,84	0,35	1,5
5	35	-2,3	5,29	0,15	3,7
6	20	+1,0	1,00	0,05	2,2
7	36	-2,9	8,41	2,34	3,6
8	43	+4,6	21,16	0,49	4,1
9	54	-2,9	8,41	1,56	5,5
10	13	+3,7	13,69	1,05	1,2
11	37	-4,0	16,00	0,43	3,6
12	15	-0,9	0,81	0,05	1,7
13	12	+3,8	14,44	1,20	1,3
	338			9,04	34,5

3. ПОБУДОВА ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА МЕТРОПОЛІТЕНУ

3.1 Аналіз топографо-геодезичних робіт за попередній період

У 2019 р. фахівцями ТОВ «Науково-виробничий інститут геоінформаційних технологій» було виконано обстеження, оновлення та закладання пунктів планово-висотної геодезичної мережі по ділянці Сирецько – Печерської лінії метрополітену на житловий масив Виноградар та на п'яти будівельних майданчиках створено планово-висотну геодезичну мережу, що складалася з 15 пунктів основної полігонометрії і 16 нівелірних пунктів, як показано на рисунках 3.1, 3.2. В 2022 р. співробітниками ДП

«НДІБВ» виконано згущення існуючої планово-висотної геодезичної мережі 13 планово-висотними знаками.

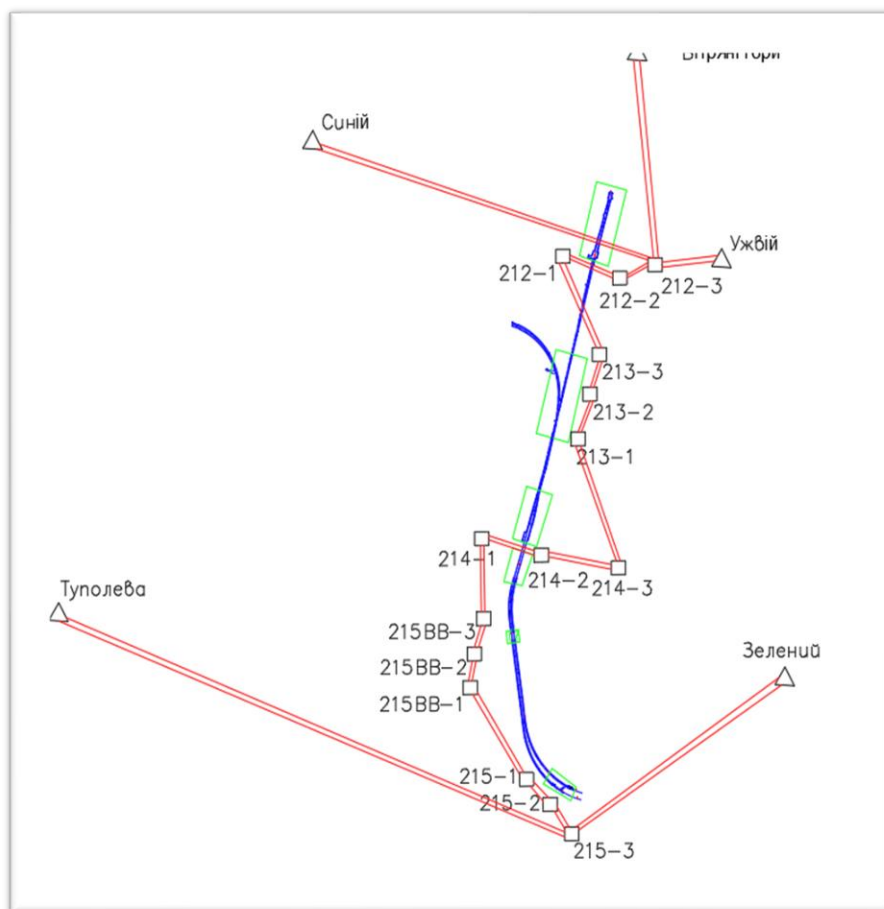


Рис. 3.1 - Схема основної полігонометрії станом на 2019 р.

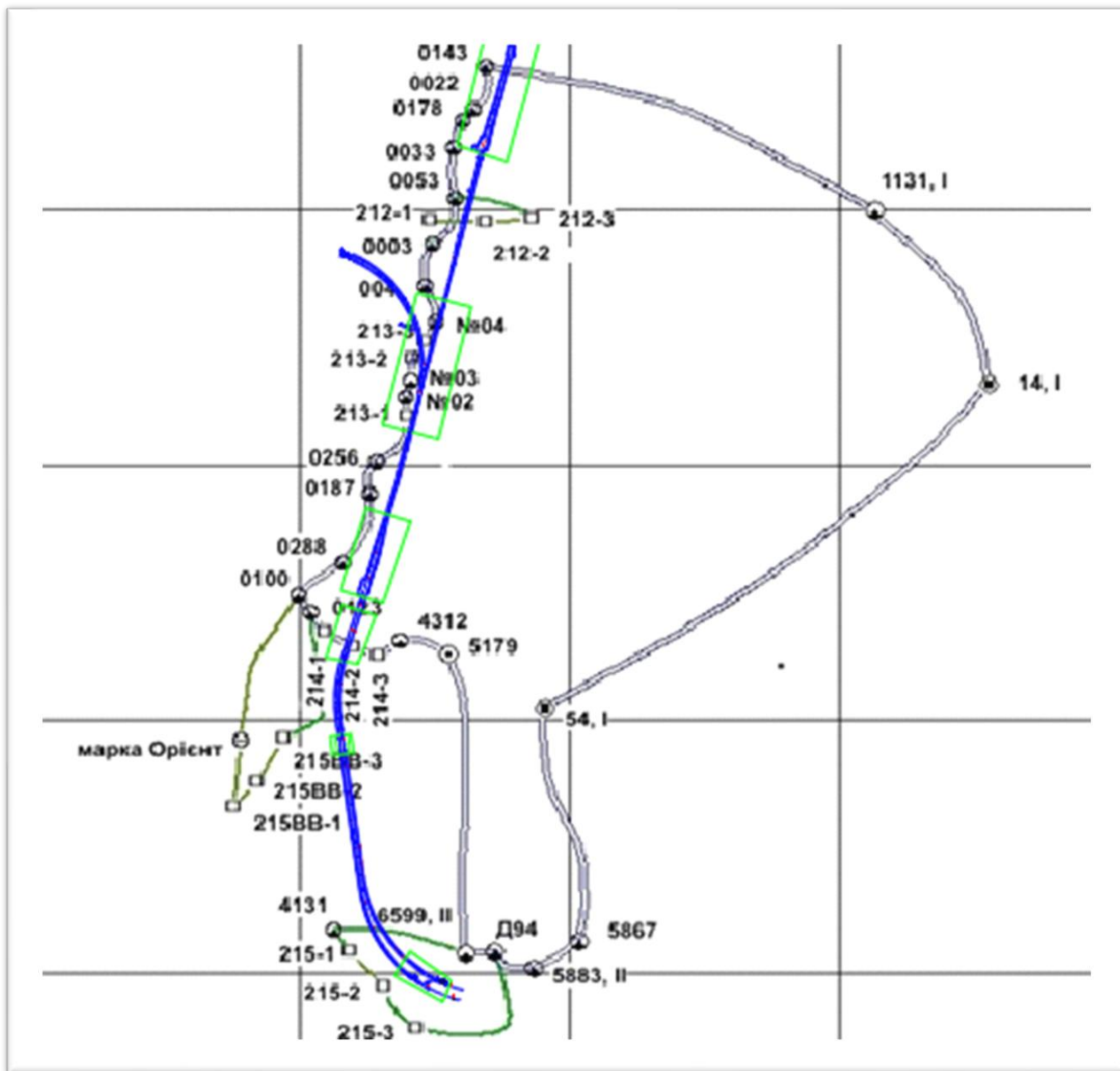


Рис. 3.2 - Схема висотної геодезичної мережі: II клас – подвійна лінія синього кольору; III клас – одинарна лінія зеленого кольору, станом на 2019 р.

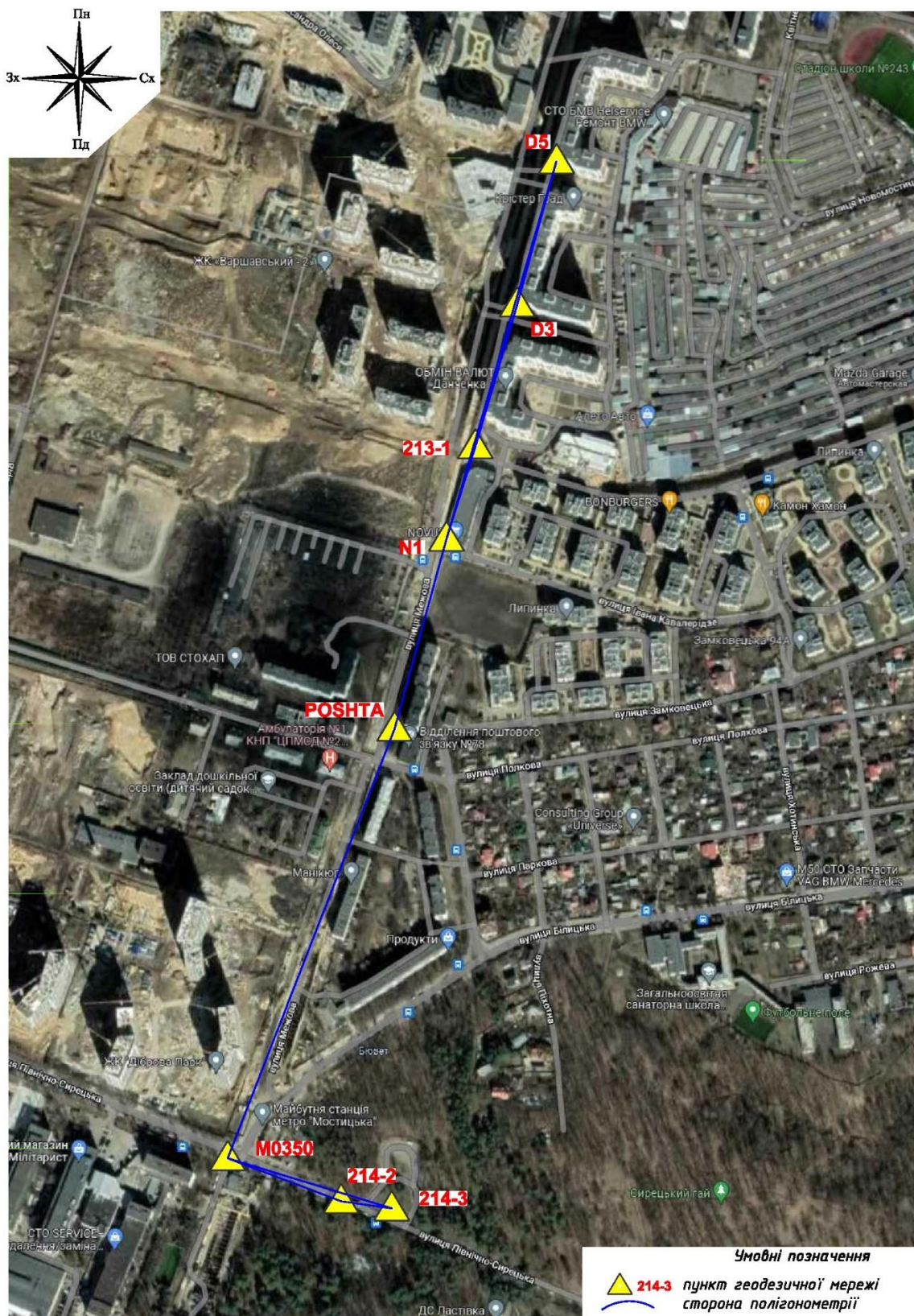


Рис. 3.3 - Схема згущення основної полігонометрії, виконано в 2022р.

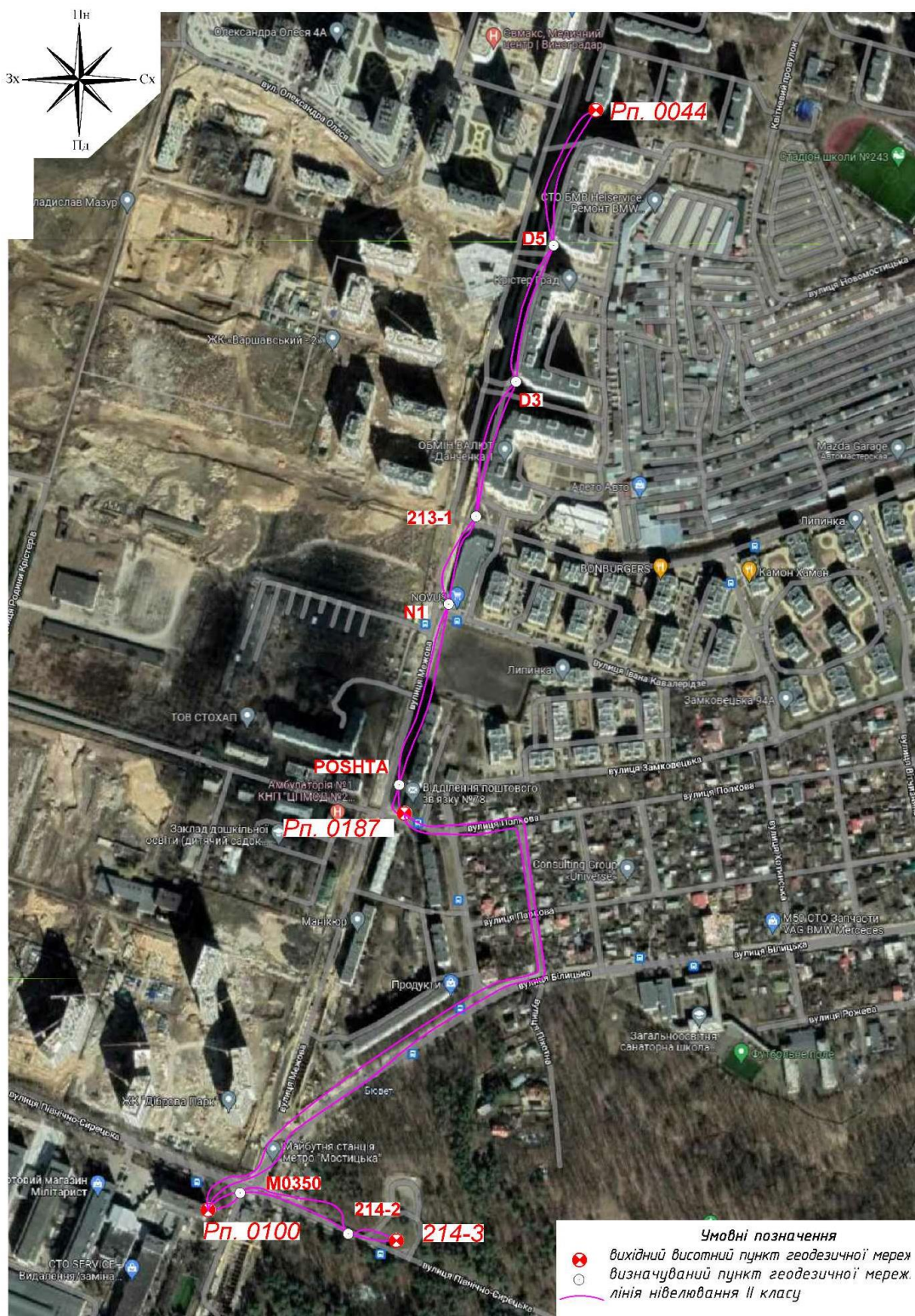


Рис. 3.4 - Схема висотної геодезичної мережі II класу, виконано в 2022р.

3.2 Обстеження існуючих пунктів геодезичних мереж

Обстеження існуючих пунктів геодезичних мереж є одним із найважливіших етапів у процесі підготовки до згущення планово-висотної мережі для будівництва лінії метрополітену. Цей комплекс робіт передбачає не лише виявлення розташування та стану пунктів, а й оцінку їх технічної придатності, точності положення та стабільності, що в кінцевому підсумку визначає можливість їх подальшого використання у геодезичному забезпеченні будівництва.

3.2.1 Мета та завдання обстеження

Головна мета обстеження — встановлення фактичного стану існуючих геодезичних пунктів і визначення відповідності їх нормативним вимогам щодо точності і стабільності. Основні завдання включають:

- а) визначення фізичного стану пунктів, оцінка збереженості марок, реперів, фундаментів та інших закріплень;
- б) перевірка просторових координат і висотних відміток для виявлення можливих зміщень або деформацій;
- в) оцінка впливу зовнішніх факторів (природних, техногенних) на стабільність пунктів;
- г) розробка рекомендацій щодо необхідності ремонту, відновлення або виключення пунктів із мережі;
- д) виявлення ділянок з недостатньою кількістю або нерівномірним розподілом пунктів для подальшого згущення.

3.2.2 Технологія проведення обстеження

Обстеження починається з підготовчого етапу, що включає вивчення наявної документації, карт та звітів попередніх геодезичних робіт, а також планування польових робіт.

Польові роботи складаються з кількох основних етапів:

Візуальний огляд: полягає у безпосередньому огляді пунктів для виявлення фізичних ушкоджень, корозії металевих елементів, зсувів конструкцій або їх руйнування. Особлива увага приділяється перевірці стану закріплень, марок на

будівлях та сталевих штирів у бетоні чи природному ґрунті.

Геодезичні вимірювання: за допомогою сучасних приладів (цифрових тахеометрів, нівелірів високої точності, GNSS-приймачів) проводять повторне визначення координат і висотних відміток пунктів. Ці вимірювання дають змогу оцінити зміщення від початкових позицій.

Порівняльний аналіз: отримані дані порівнюють із раніше зафіксованими координатами та висотами. Використовують статистичні методи для визначення похибок, середньоквадратичних відхилень і виявлення систематичних помилок.

Оцінка стабільності: враховується час експлуатації пунктів, умови їх розташування (близькість до будівель, транспортних шляхів, гідрологічні умови), а також можливий вплив сейсмічної активності або будівельних робіт на точність і стабільність геодезичних знаків.

3.2.3 Аналіз результатів та рекомендації

За результатами обстеження здійснюється класифікація пунктів:

- а) придатні до подальшого використання — пункти з незначними відхиленнями, що не впливають на точність мережі;
- б) потребують ремонту або доукріплення — пункти, у яких виявлено ушкодження, але можливе відновлення без перенесення координат.

Непридатні — пункти зі значними зміщеннями, руйнуваннями або нестабільністю, які слід виключити з мережі та замінити новими.

Рекомендації також включають визначення оптимальних місць для встановлення додаткових пунктів згущення з урахуванням щільності мережі і особливостей рельєфу.

3.2.4 Вплив обстеження на подальше згущення мережі

Коректне проведення обстеження існуючих пунктів є запорукою точності та надійності геодезичного забезпечення будівництва. Воно дозволяє виявити та усунути недоліки в первинній мережі, уникнути накопичення помилок та забезпечити основу для більш точного планування розташування нових пунктів згущення.

Таким чином, обстеження геодезичних пунктів є невід'ємною складовою частиною підготовчих робіт, яка забезпечує підвищення загальної якості і

достовірності геодезичних даних у процесі будівництва лінії метрополітену.

Перше що необхідно зробити це обстежити раніше закладанні пункти на їх наявність та цілісність.

У вересні 2024 р. виконано аналіз вихідних даних та первинне польове рекогностування, і було встановлено, що протягом 2022-2024 р. пункт D5 було знищено, координати інших пунктів потребують уточнення та закладання нових пунктів мережі згущення існуючої планово-висотної геодезичної мережі 12 планово-висотними пунктами.

У відповідності до [1], [2], [10], [11] встановлені наступні вимоги до точності вимірювань у мережі:

- планове положення пунктів мережі, як основної полігонометрії, повинно бути визначено з середньоквадратичною похибкою, що не перевищує 10 мм;
- висотне положення пунктів мережі згущення повинно бути визначено геометричним нівелюванням II класу з похибкою не більше, ніж 2 мм на 1 км ходу.

У вересні-жовтні 2024 р. було виконано обстеження існуючих 11 пунктів планово-висотної мережі Метрополітену 215-1, N1, 213-1, D3, 214-2, 214-3, 4312, 0053, 0044, 0187, кадастрового

пункту M0350 та закладку нових пунктів 212-1n, 212-2n, 212-3n, 215-2n, 215-3n, D5n.

Місця закладки нових пунктів узгоджено з представником геодезичної служби Метрополітену. Кроки обстежених і закладених пунктів надано у Додатку Б.

Схему розташування пунктів мережі наведено на рисунку 3.5



Рис. 3.5 - Схема розташування пунктів геодезичної мережі

3.2 Проектування геодезичної мережі згущення для забезпечення будівництва лінії метрополітену

3.3.1 Планова геодезична мережа

Проектування геодезичної мережі згущення є комплексним процесом, що полягає у створенні розгалуженої системи геодезичних пунктів, які забезпечують точність та надійність геодезичних робіт на будівництві метрополітену. Згущення мережі необхідне для підвищення точності, оскільки існуючі державні геодезичні мережі зазвичай мають недостатню щільність та точність для специфічних завдань метро.

Проектування включає вибір типу мережі, її структури, щільності розміщення пунктів, а також методів їх закріплення і контролю.

Розробку схеми розташування пунктів із забезпеченням їх видимості між собою, необхідної для оптичних вимірювань;

Визначення оптимальної відстані між пунктами (як правило, від 100 до 500 м для локальних мереж згущення в міських умовах);

Забезпечення геометричної стійкості мережі — розміщення пунктів так, щоб уникнути вузьких кутів і великої протяжності ліній;

Закріплення пунктів у землі (бетонні стовпчики, металеві штирі тощо) для збереження положення.

Методи побудови:

- Лінійно-кутова засічка;
- Полярних координат;
- GNSS спостереження;
- Полігонометричний хід

Лінійно-кутова засічка передбачає визначення координат нової точки на основі відомих координат двох базових пунктів і виміряних напрямків або горизонтальних кутів з нової точки до цих базових пунктів.

У процесі згущення геодезичної мережі для будівництва лінії метрополітену важливим завданням є точне визначення координат нових пунктів. Одним з ефективних способів реалізації цього завдання є метод лінійно-кутової засічки, який

дозволяє обчислити координати нових пунктів згущення, використовуючи дані від двох або більше суміжних пунктів мережі з відомими координатами.

Сутність методу

Лінійно-кутова засічка базується на триангуляційному принципі: якщо відомі координати двох базових пунктів (А і В) та виміряні напрямки або горизонтальні кути з нового пункту С на ці базові точки, можна з високою точністю визначити координати пункту С, використовуючи геометричні співвідношення.

У цьому випадку вимірюється:

Базисна лінія АВ (довжина між двома пунктами з відомими координатами);

Горизонтальні кути або напрямки з нової точки С на точки А і В;

За необхідності — зворотні напрямки для контролю вимірювань.

Етапи проведення робіт

Підготовка вихідної інформації

Визначаються координати базових пунктів (А і В), які мають бути встановлені на стабільній основі та мають бути відкриті для візування з нової точки. Усі координати повинні бути виражені в єдиній системі координат (СК-42, УСК-2000 або місцева система координат міста).

Прокладання базисної лінії

Базисна лінія — це відстань між точками А і В. Її вимірюють за допомогою високоточних електронних тахеометрів або електронних дальномірів. Оптимальна довжина базисної лінії повинна становити 50–200 м для міських умов. Лінія повинна бути рівною, без суттєвих перепадів висот та мати хорошу видимість з нової точки С.

Вимірювання горизонтальних кутів

На новому пункті С встановлюється тахеометр, з якого виконуються вимірювання горизонтальних кутів до обох базових пунктів А і В. Для підвищення точності рекомендується провести двократне або трикратне вимірювання з оберненням круга.

Обчислення координат нової точки С

Відомі довжина базисної лінії та кути дозволяють за допомогою тригонометричних формул обчислити координати точки С. Зокрема, за допомогою методу трикутника, використовується пряме розв'язання засічки через координатні різниці або через азимути та полярні координати.

Наприклад, якщо відомі: координати точок А (X_A, Y_A) та В (X_B, Y_B), відстань між ними $D(AB)$, кути $\angle ASB$ та $\angle BSA$ (виміряні в точці С) то координати точки С визначаються шляхом розв'язання оберненої геодезичної задачі (інтерсекція напрямків).

Очікувана точність:

- За правильною конфігурацією — $\pm 3 \dots 5$ мм у плані;
- При використанні надлишкових вимірювань і обробці МНК — до ± 2 мм.

Може застосовуватися як метод перевірки або дублювання основних вимірювань.

Координати пунктів 212-2N, 212-3N, 215-1 було визначено способом лінійно-кутової засічки базисними лініями з точністю триангуляції від сусідніх пунктів мережі.

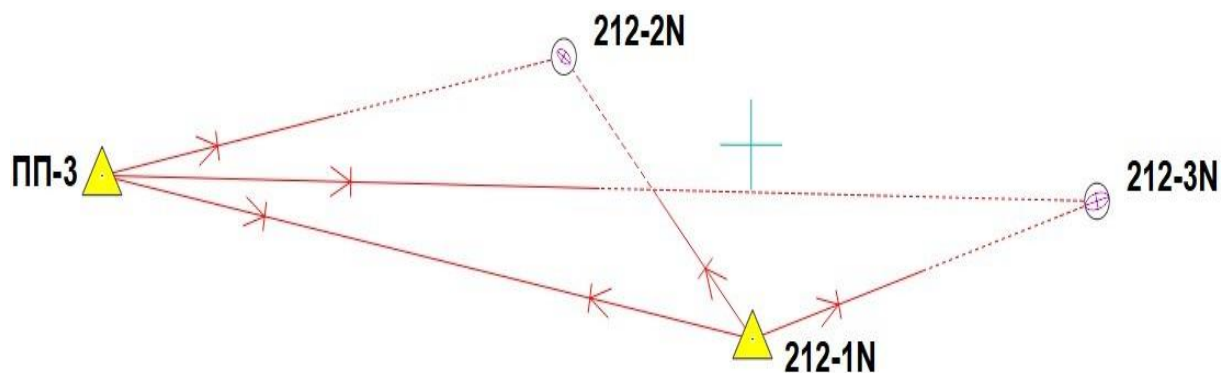


Рис. 3.6 – Визначення координат пунктів 212-2N, 212-3N лінійно-кутовою засічкою (базисні лінії)

Таблиця 3.1 - Відомість оцінки точності положення пунктів 212-2N, 212-3N

Об'єкт: Лінійно - кутова засічка пунктів 212-2N, 212-3N

Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання

M min	Пункт	M max	Пункт	M середня
0,0017	212-2N	0,0026	212-3N	0,0021

Пункт	M	Mx	My	a	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
212-2N	0,0017	0,0010	0,0013	0,0015	0,0008	123°06'16"	0,0033
212-3N	0,0026	0,0012	0,0023	0,0023	0,0011	75°24'48"	0,0041

Примітка: СКП планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проекту.

Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

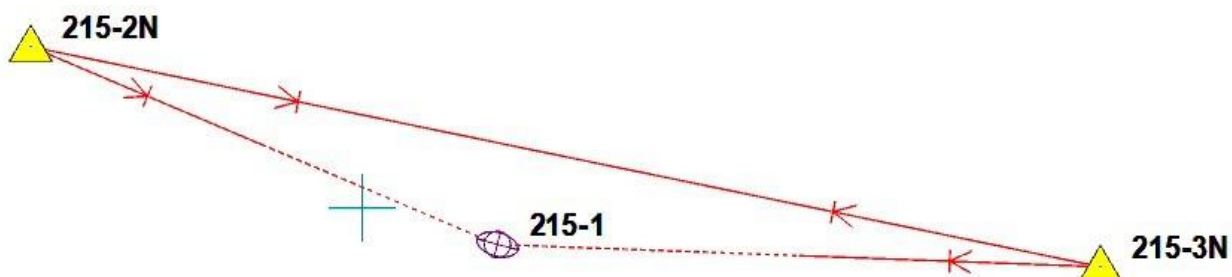


Рис. 3.7 – Визначення координат пункту 215-1 лінійно-кутовою засічкою (базисні лінії)

Таблиця 3.2 - Відомість оцінки точності положення пункту 215-1

Об'єкт: Лінійно-кутова засічка пункту 215-1

Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів**Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання**

М min	Пункт	М max	Пункт	М середня
0,0045	215-3N	0,0045	215-1	0,0045

Пункт	М	Мх	Му	а	б	α	Мh
1	2	3	4	5	6	7	8
215-1	0,0045	0,0023	0,0038	0,0039	0,0022	104°54'58,8"	0,0067

Примітка: СКП планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проекту.

Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

Метод полярної засічки

Полярна засічка полягає у визначенні координат точки шляхом вимірювання горизонтального напрямку (азимута) і відстані до неї від пункту з відомими координатами.

Основні вимоги:

1. Відомі координати вихідного пункту (наприклад, А).
 2. Виміряно відстань (l) і горизонтальний напрям (α) до нової точки.
- Використовується електронний тахеометр або роботизована станція.

Формули для обчислення:

$$X_P = X_A + l \cdot \cos \alpha \quad X_P = X_A + l \cdot \cos \alpha$$

$$Y_P = Y_A + l \cdot \sin \alpha \quad Y_P = Y_A + l \cdot \sin \alpha$$

Точність:

При використанні тахеометрів з точністю 2" та вимірюванні відстаней з точністю 1–2 мм — похибка становить до ±5 мм на 100 м.

Граничні допустимі похибки згідно з ДСТУ (або відомчими інструкціями):

для міських інженерних мереж — ± 5 мм у плані, ± 10 мм по висоті;

для метробудівництва — не більше ± 3 мм у плані та ± 5 мм по висоті (у межах станцій і тунелів).

Комбіноване застосування лінійно-кутових та полярних засічок дозволяє виконати згущення геодезичної мережі з високою точністю в умовах щільної забудови та обмеженого простору. Методи дають змогу оптимально розташувати нові пункти в зручних для спостережень місцях і забезпечити необхідну надійність та точність геодезичних вимірювань для будівництва лінії метрополітену.

Координати пунктів 213-1, 214-2 виконувались способами лінійно-кутової та полярної засічок базисними лініями з точністю тріангуляції, використовуючи координати суміжних пунктів з вирівняних ходів основної полігонометрії.

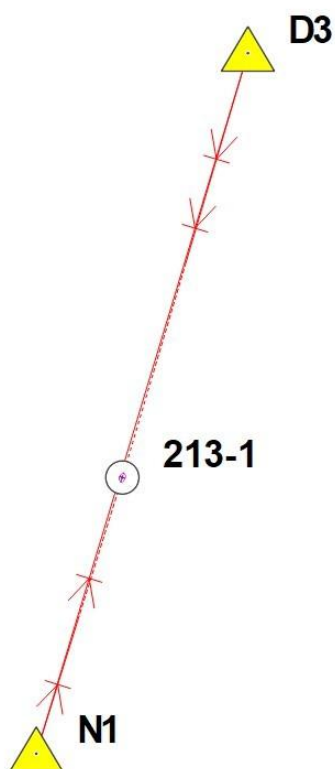


Рис. 3.8 – Визначення координат пункту 213-1 лінійно-кутовою засічкою (базисні лінії)

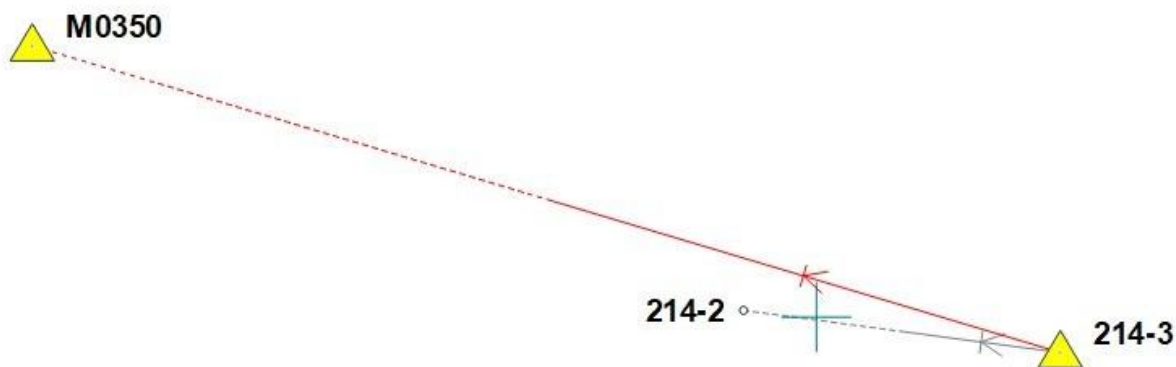


Рис. 3.9 – Визначення координат пункту 214-2 полярною засічкою (базисні лінії)

Метод GNSS-спостереження

Сучасні методи GNSS (Глобальна Навігаційна Супутникова Система) дозволяють отримати високоточні координати пунктів у плані, що значно підвищує ефективність і точність геодезичних робіт.

GNSS-спостереження базуються на прийомі сигналів від супутників, які обертаються навколо Землі, що дає змогу визначити положення приймача з високою точністю. Основними системами, що використовуються, є GPS (США), ГЛОНАСС (Росія), Galileo (ЄС) та BeiDou (Китай).

В геодезичних роботах зазвичай застосовують методи диференціального GNSS (DGNSS) або RTK (Real-Time Kinematic), які дозволяють досягти точності від кількох сантиметрів до міліметрів.

Методика проведення GNSS-спостережень для згущення мережі

Для визначення планового положення пунктів мережі згущення виконується наступна послідовність дій:

Підготовка до робіт: вибір місць для встановлення GNSS-приймачів з урахуванням відкритості огляду неба, відсутності перешкод (будівель, дерев тощо), та забезпечення геометрично вигідного розташування пунктів;

Встановлення базового і рухомого приймачів: базовий приймач розміщується на контрольному пункті з відомими координатами, а рухомі приймачі — на пунктах, що підлягають визначенню;

Збір супутникових сигналів: одночасне проведення спостережень базового та рухомих приймачів протягом встановленого часу (залежно від точності, зазвичай від 15 хв до кількох годин);

Обробка даних: використання спеціалізованого програмного забезпечення для диференціального аналізу даних, усунення похибок та визначення точних планових координат;

Перевірка результатів: зіставлення отриманих координат із існуючими даними для оцінки точності та надійності визначень.

Переваги використання GNSS для згущення мережі

Використання GNSS-спостережень забезпечує ряд важливих переваг:

а) висока точність визначення планових координат, що значно перевищує можливості традиційних наземних методів;

б) можливість швидкого збору даних на великих територіях без необхідності фізичного зв'язку між пунктами;

в) зниження впливу людського фактору і помилок, пов'язаних із вимірюваннями;

Можливість автоматизації процесу обробки та аналізу отриманих даних.

Особливості застосування GNSS у міських умовах.

При проведенні GNSS-спостережень у міських умовах слід враховувати специфічні фактори:

а) наявність високих будівель та інших конструкцій, що можуть створювати "мультипат" – явище багаторазового відбиття сигналів, що знижує якість прийому;

б) обмежений огляд неба, що зменшує кількість доступних супутників для прийому;

в) потреба у ретельному плануванні місць розміщення приймачів для мінімізації впливу перешкод;

г) можливість комбінування GNSS-даних з традиційними методами (топографічна зйомка, тахеометрія) для підвищення точності та надійності результатів.

Визначення планового положення пунктів геодезичної мережі згущення за допомогою GNSS-спостережень є сучасним і ефективним методом, що забезпечує високу точність і оперативність геодезичних робіт. Використання даного методу у поєднанні з традиційними способами вимірювань дозволяє створити надійну та точну геодезичну основу для будівництва лінії метрополітену, що особливо важливо у складних міських умовах з великою щільністю забудови.

Для виконання GNSS-спостережень геодезичних спостережень пунктів геодезичної мережі згущення в МСК-80 (УСК-2000) по об'єкту: «Будівництво ділянки Сирецько-Печерської лінії метрополітену від станції «Сирець» на житловий масив Виноградар з електродепо у Подільському районі (1-а черга будівництва – ділянка від ст. «Сирець» до ст. «Проспект Правди» з двома станціями («Мостицька» та «Проспект Правди») та ділянкою вилочного відгалуження в бік ст. «Виноградар» (коригування). 5- й, 6-й пускові комплекси», використані двочастотні приймачі ГНСС SinoGNSS T300 Р/Н 4301213424 Серійний номер №1 – Т3305267, Серійний номер №2 – Т3306274 в комплекті з високочастотними геодезичними GPS- антенами. Приймачі пройшли метрологічні дослідження та мають свідоцтва про повірку (Додаток Г).

Використанні приймачі відповідають вимогам наведених в таблиці 3.1.

Таблиця 3.3 - Основні вимоги до супутникових приймачів

Тип приймачів	Число каналів не менше	Частоти	Точність
Двочастотні	24	L1/L2 (GPS)	5мм+1*10 ⁻⁶ Д

Таблица 3.4 - Звіт про обробку базових ліній на пункти 214-3, 215-2N, 215-3N

Данные файла проекта		Система координат	
Имя:		Имя:	USK-2000-M
Размер:		ИГД:	USK-2000
Дата последнего изменения:		Зона:	MSK-80
Часовой пояс:		Геоид:	EGMOBUkr
Шифр:		ИГД по высоте:	
Описание:		Калибровка:	
Комментарий 1:			
Комментарий 2:			
Комментарий 3:			

Отчет об обработке базовых линий

Заключение по обработке

Измерение	От	До	Тип решения	П. Точн. (Метр)	В. Точн. (Метр)	Геоид аз.	Эл. расстояние (Метр)	ΔВысота (Метр)
bond --- kvsv (B3)	bond	kvsv	Фиксированное	0.005	0.019	273°32'12"	19626.163	51.921
NDIBV --- kvsv (B4)	NDIBV	kvsv	Фиксированное	0.003	0.011	304°11'57"	10086.455	-14.674
NDIBV --- bond (B5)	NDIBV	bond	Фиксированное	0.003	0.013	68°11'42"	12115.778	-66.573
NDIBV --- 214-3 (B6)	NDIBV	214-3	Фиксированное	0.006	0.015	334°48'56"	8485.089	-42.141
kvsv --- 214-3 (B7)	kvsv	214-3	Фиксированное	0.009	0.011	66°54'06"	5140.651	-27.479
bond --- 214-3 (B8)	bond	214-3	Фиксированное	0.008	0.018	282°11'40"	15195.670	24.485
NDIBV --- 215-2nov (B9)	NDIBV	215-2nov	Фиксированное	0.009	0.016	330°25'39"	7357.353	-65.373
kvsv --- 215-2nov (B10)	kvsv	215-2nov	Фиксированное	0.008	0.015	81°06'22"	4767.527	-50.707
bond --- 215-2nov (B11)	bond	215-2nov	Фиксированное	0.007	0.019	277°23'35"	15000.598	1.219
NDIBV --- 215-3nov (B12)	NDIBV	215-3nov	Фиксированное	0.009	0.018	331°38'01"	7226.490	-67.862
kvsv --- 215-3nov (B13)	kvsv	215-3nov	Фиксированное	0.008	0.014	81°54'51"	4957.227	-53.181
bond --- 215-3nov (B14)	bond	215-3nov	Фиксированное	0.009	0.019	277°20'09"	14799.430	-1.255

Сводка по допустимости

Обработано	Пройдено	Флаг	Отказ
12	12	0	0

Таблиця 3.5 - Звіт про обробку базових ліній на пункти 215-1N, ППЗ

Данные файла проекта		Система координат	
Имя:		Имя:	USK-2000-M
Размер:		ИГД:	USK-2000
Дата последнего изменения:		Зона:	MSK-80
Часовой пояс:		Геоид:	EGMOBUkr
Шифр:		ИГД по высоте:	
Описание:		Калибровка:	
Комментарий 1:			
Комментарий 2:			
Комментарий 3:			

Отчет об обработке базовых линий

Заключение по обработке

Измерение	От	До	Тип решения	П. Точн. (Метр)	В. Точн. (Метр)	Геод. аз.	Элл. расстояние (Метр)	ΔВысота (Метр)
NDIBV --- bond (B13)	NDIBV	bond	Фиксированное	0.003	0.013	68°11'42"	12115.773	-66.577
NDIBV --- kvsv (B21)	NDIBV	kvsv	Фиксированное	0.004	0.016	304°11'57"	10086.456	-14.656
NDIBV --- ППЗ (B1)	NDIBV	ППЗ	Фиксированное	0.007	0.017	340°35'57"	9929.226	-49.619
NDIBV --- 215-1n (B2)	NDIBV	215-1n	Фиксированное	0.006	0.018	341°15'25"	9866.690	-50.492
bond --- kvsv (B18)	bond	kvsv	Фиксированное	0.005	0.019	273°32'12"	19626.166	51.920
bond --- ППЗ (B12)	bond	ППЗ	Фиксированное	0.009	0.019	288°36'49"	15339.112	16.965
kvsv --- ППЗ (B20)	kvsv	ППЗ	Фиксированное	0.006	0.016	53°40'38"	6253.393	-34.960
kvsv --- 215-1n (B19)	kvsv	215-1n	Фиксированное	0.004	0.019	54°31'10"	6344.206	-35.835
215-1n --- bond (B11)	215-1n	bond	Фиксированное	0.008	0.019	108°31'52"	15210.929	-16.078

Сводка по допустимости

Обработано	Пройдено	Флаг	Опоз
9	9	0	0

Спосіб визначення – статика, від референсних станцій bond та kvsv мережі «UA-EUPOS/ZAKPOS» контролювались координати допоміжної точки (NDIBV) і від обох пунктів визначалися координати пунктів мережі згущення.

Похибки положення пунктів мережі згущення 215-1N, ППЗ, 214-3, 215-2N, 215-3N не перевищують 9 мм в плані та 19 мм по висоті при розрахунку від одного пункту основи, при розрахунку від 2 пунктів, похибка зменшується у $\sqrt{2} \approx 1,4$ рази і

становить відповідно 6 і 14 мм, що задовольняє вимоги до точності, наведені у [1], [10].

Ходи полігонометрії

Полігонометричні ходи — це геодезичні побудови у вигляді послідовно з'єднаних відрізків (сторін), у вершинах яких вимірюються горизонтальні кути та довжини ліній. Полігонометричні ходи є основою для створення та згущення геодезичних мереж згущення в міських умовах, зокрема під час будівництва ліній метрополітену.

Цей метод забезпечує достатню точність і зручність побудови геодезичної мережі на лінійно протяжних об'єктах, якими і є тунельні споруди метрополітену.

Класифікація полігонометричних ходів

Полігонометричні ходи поділяються за такими ознаками:

За конфігурацією:

Замкнені ходи — мають початковий і кінцевий пункти в одній і тій самій точці або на пунктах з відомими координатами. Найбільш надійні з точки зору контролю точності.

Вставки — з'єднують два пункти з відомими координатами, але не утворюють замкненої фігури.

Розімкнені ходи — мають лише одну точку прив'язки або зовсім не мають жодної. Використовуються рідше через меншу точність контролю.

За точністю:

Ходи 1 класу — для побудови базових геодезичних мереж у межах великих інфраструктурних проєктів.

Ходи 2 класу — для згущення мереж у межах окремих ділянок будівництва (наприклад, між двома станціями).

Ходи 3 класу — застосовуються для винесення проєкту або побудови локальних мереж (в межах станційних або вентиляційних камер).

Вимоги до побудови полігонометричних ходів

Мінімальна кількість сторін — не менше трьох для вставок і п'яти для замкнених ходів.

Довжина сторін — від 50 до 150 м у міських умовах.

Кути повороту — бажано в межах 60–120°.

Інструменти:

Тахеометри з точністю не менше 2".

Далекоміри з похибкою вимірювання 1–2 мм + 1–2 мм/км.

Спостереження: виконуються у два прийоми (прямий і зворотний хід) з обов'язковим контролем кутових і лінійних нев'язок.

Планова точність:

Відносна похибка повинна бути не гірша ніж 1:10,000 — 1:20,000.

Таблиця 3.6 - Порівняння методів згущення геодезичної мережі

№	Метод згущення	Середня помилка положення точки	Середня помилка висоти	Умови застосування	Переваги	Недоліки
1	GNSS-метод (статичний)	$\pm 0.01-0.03$ м	$\pm 0.02-0.05$ м	Відкриті території, робота на поверхні	Висока точність, швидке отримання координат, глобальна система	Неможливо застосовувати у тунелях, щільній забудові
2	Лінійно-кутовий хід	$\pm 0.03-0.07$ м	$\pm 0.05-0.10$ м	У місті, в тунелях, в умовах відсутності GNSS	Незалежність від супутників, висока точність	Вимога прямої видимості між точками, трудомісткий
3	Полярна засічка	$\pm 0.05-0.10$ м	$\pm 0.10-0.15$ м	Обмежені ділянки, короткі базиси	Зручність, швидкість	Зниження точності з віддаленням від опорної точки
4	Лінійна засічка	$\pm 0.07-0.12$ м	$\pm 0.10-0.20$ м	Замкнені простори, підземні споруди	Придатність у важкодоступних місцях	Обмежена точність, залежність від конфігурації базисів
5	Геометричне нівелювання	—	$\pm 0.002-0.01$ м	Для визначення висот нових пунктів	Максимальна точність по висоті	Дуже трудомістке, особливо в забудованих районах

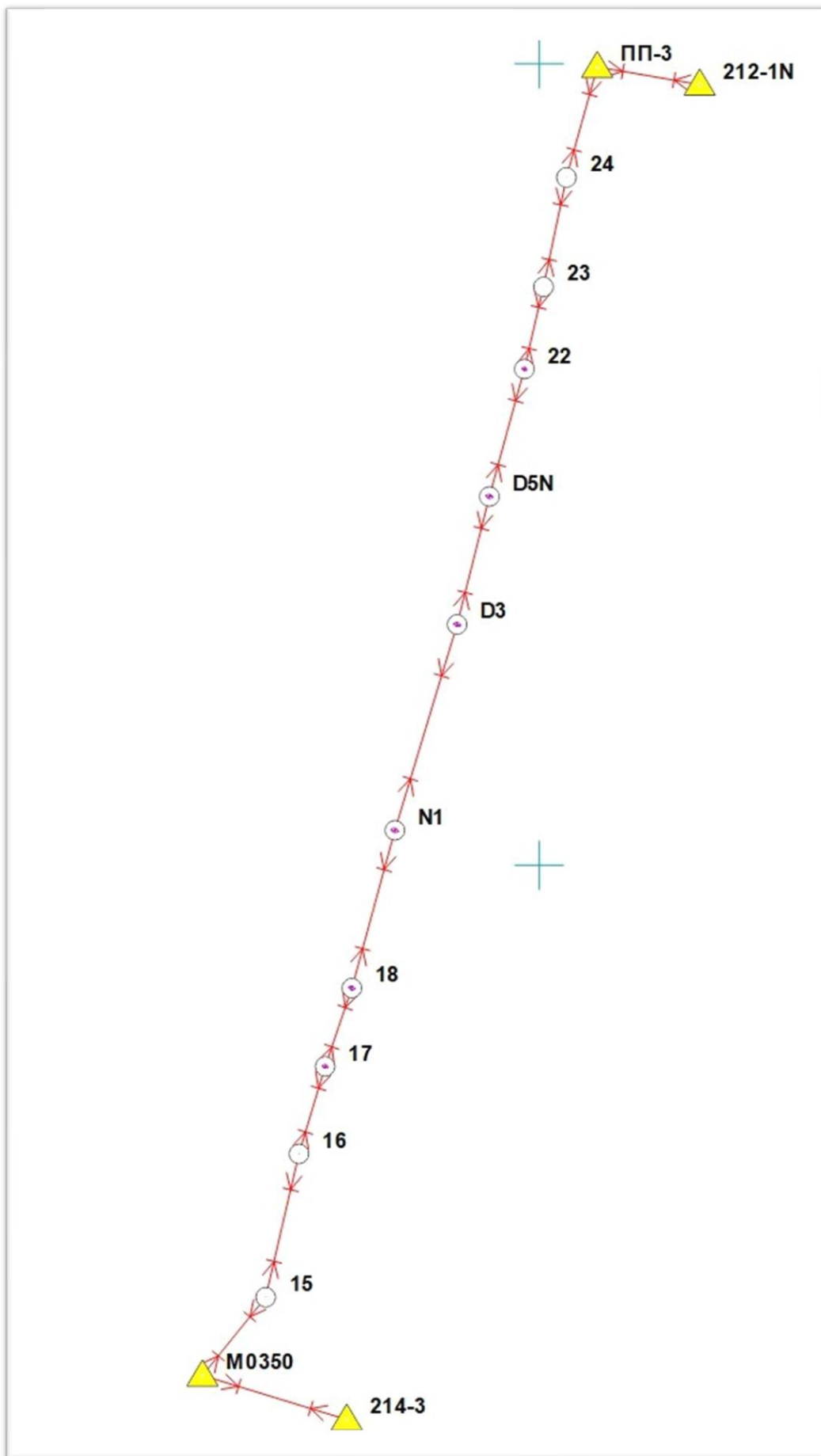


Рис. 3.11 - Хід основної полігонометрії мережі згущення 214-3...212-1N
 Схему основної полігонометрії наведено на рисунку 3.12.

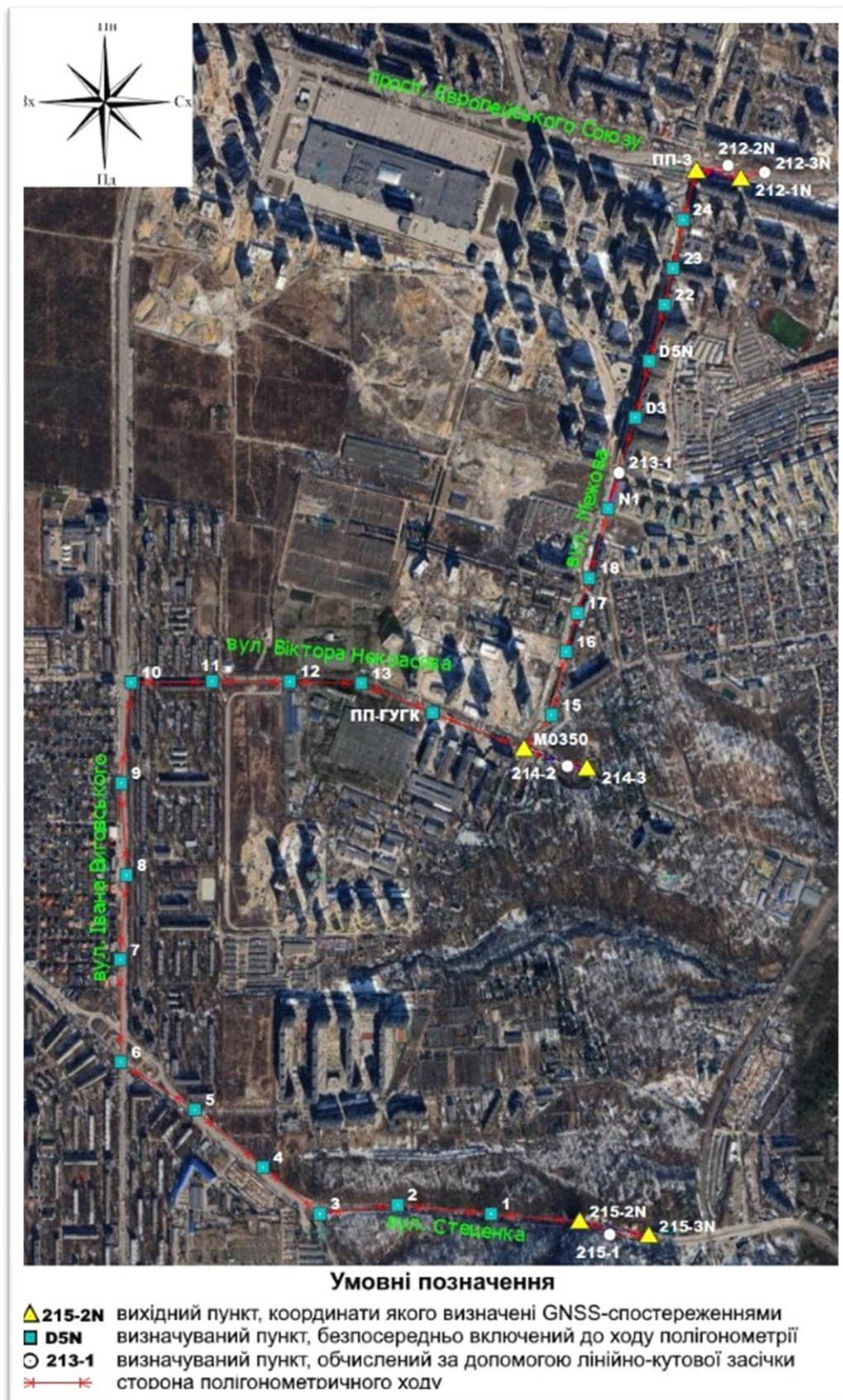


Рис. 3.12 – Схема ходів основної полігонометрії мережі згущення

Вимірювання виконані тахеометром Sokkia SET230RK3.

Тахеометр має наступні паспортні характеристики з точності виконання вимірів:

точність кутових вимірювань – 2 кут. сек.;

точність лінійних вимірювань залежить від відстані та від якості призми, знаходиться в діапазоні $\pm(2+2ppm \times D)$ мм, де D – відстань між приладом та призмою;

режим вимірювання відстані – трикратний, встановлений автоматично.

При виконанні високоточних вимірів віддалей врахований вплив атмосфери, так як тахеометр використовує для вимірювань віддалей світловий промінь, швидкість його розповсюдження залежить від показників заломлення світла в атмосфері. Тому в тахеометр вводились поправки за вплив атмосфери. Якщо під час вимірів температура повітря та тиск змінювались, поправку за вплив атмосфери корегували декілька разів.

Перед початком робіт прилад перевіряли і юстували.

Висотне положення повторно визначено геометричним нівелюванням II класу.

Роботи виконувались відповідно до вимог [1], [2], [4], [11].

Виконувався додатковий польовий контроль якості виконаний робіт відповідно до «Інструкції про порядок контролю і приймання топографо-геодезичних та картографічних робіт».

Виконано імпорт файлів .sdr з тахеометра, виконано аналіз польових вимірів та координат вихідних пунктів, на основі вимірюваних і приведених до горизонту відстаней між пунктами.

Вирівнювання мережі згущення виконано за допомогою програмного комплексу CREDO DAT, у системі координат МСК-80 (Система висот Балтійська 1977 року) складено схеми та відомості, див. рисунки 3.8-3.12, таблиці 3.7-3.24.

Таблиця 3.7 - Технічні характеристики ходу 215-3N...214-3 у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 215-3N...214-3. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року

Дата: 10.2024

Технічні характеристики мережі

Проект: Метрополітен
 Населений пункт: м. Київ
 Площадка:
 Гриф секретності:

Система координат:

Проекція:	Transverse Mercator
Еліпсоїд:	Krassovsky 1940
Датум:	УСК-2000 МСК-80
Модель геоїда:	Не задана

Система висот: Балтійська 1977 року

Статистика:

Пункти		Виміри		Топографічні об'єкти	
Усього	18	Дир. кутів	0	Усього	0
Вихідних ХУ	4	П/ходів	1	Точкових	0
Вихідних Н	4	Н/ходів	1	Лінійних	0
Вихідних ХУН	4	Вузлів	0	Площових	0
		Станцій	18		
		Цілей	34		
		Цілей тахеометрії	0		

Технічні характеристики полігонометричних ходів

Клас	Загальна протяжність	Ходів	Вузлів	Довжини ходів					Довжини ліній			Кутова нев'язка			Лінійна нев'язка		
				Min	Хід	Max	Хід	Середня	Min	Max	Середня	Fb факт.	Fb доп.	Хід	Fs	[S]/Fs	Хід
Основна полігонометрія	3698,780	1	0	3698,780	1	3698,780	1	3698,780	201,721	288,834	246,585	0°00'03"	0°00'20"	1	0,008	459396	1

Таблиця 3.8 - Характеристика полігонометричного ходу 215-3N...214-3 у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 215-3N...214-3. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року

Дата: 10.2024

Характеристика полігонометричних ходів

Хід	Клас	Точки ходу	Довжина ходу	N	Nb	Fb факт.	Fb доп.	Нев'язка до вирівнювання				Нев'язки по вирівн. дир. кутам			
								Fx	Fy	Fs	[S]/Fs	Fx	Fy	Fs	[S]/Fs
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Основна полігонометрія	215-2N, 1, ..., M0350	3698,780	16	16	0°00'03"	0°00'20"	0,004	0,007	0,008	459396	-0,001	0,001	0,001	>1000000

Таблиця 3.9 - Технічні характеристики ходу 214-3... 212-1N у системі координат УСК- 2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 214-3...212-1N. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року

Дата: 10.2024

Технічні характеристики мережі

Проект: Метрополітен
 Населений пункт: м. Київ
 Площадка:
 Гриф секретності:

Система координат:

Проекція:	Transverse Mercator
Еліпсоїд:	Krassovsky 1940
Датум:	УСК-2000 МСК-80
Модель геоїда:	Не задана

Система висот: Балтійська 1977 року

Статистика:

Пункти		Виміри		Топографічні об'єкти	
Усього	1	Дир. кутів	0	Усього	0
Вихідних ХУ	4	П'ходів	1	Точкових	0
Вихідних Н	4	Н'ходів	1	Лінійних	0
Вихідних ХУН	4	Вузлів	0	Площових	0
		Станцій	14		
		Цілей ПВО	26		
		Цілей тахеометрії	0		

Технічні характеристики полігонометричних ходів

Клас	Загальна протяжність	Ходів	Вузлів	Довжини ходів					Довжини ліній			Кутова нев'язка			Лінійна нев'язка		
				Мін	Хід	Мах	Хід	Середня	Мін	Мах	Середня	Fb факт.	Fb доп.	Хід	Fs	[S]/Fs	Хід
Основна полігонометрія	1715,503	1	0	1715,503	1	1715,503	1	1715,503	103,336	268,264	155,955	0°00'06"	0°00'17"	1	0,022	79231	1

Таблиця 3.10 - Характеристика полігонометричного ходу 214-3... 212-1N у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 214-3...212-1N. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року

Дата: 10.2024

Характеристика полігонометричних ходів

Хід	Клас	Точки ходу	Довжина ходу	N	Nb	Fb факт.	Fb доп.	Нев'язка до вирівнювання				Нев'язки по вирівн. дир. кутах			
								Fx	Fy	Fs	[S]/Fs	Fx	Fy	Fs	[S]/Fs
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Основна полігонометр	М0350, 15, ..., ПП-3	1715,503	12	12	0°00'06"	0°00'17"	-0,021	0,005	0,022	79231	0,015	0,005	0,016	110155

Таблиця 3.11 - Відомість оцінки точності вимірів за результатами вирівнювання ходу 215- 3N...214-3 у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 215-3N...214-3. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року

Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності вимірів у мережі за результатами вирівнювання

Відомість оцінки точності планової мережі

СКП одиниці ваги: 0,266	СКП одиниці ваги (нижня межа): 0,820	СКП одиниці ваги (верхня межа): 1,152
-------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

Клас	Лінійно-кутова мережа								СКП кутів по нев'язках у ходах	
	СКП напрямків		СКП ліній						Апріорна	Фактична
	Апріорна	Фактична	Апріорна			Фактична				
1	2	3	a	b	σ	a	b	m	10	11
Основна полігонометрія	2,121320	1,683244	0,0030	0,0030	0,0037	-0,0005	0,0046	0,0006	5,000000	

Відомість оцінки точності висотної мережі

Клас	Геометричне нівелювання		Тригонометричне нівелювання	
	Апріорна	Фактична	Апріорна	Фактична
Триг. нів. (ПК)	0,071/0,004		0,016	

Поправки за результатами вирівнювання

Клас	У виміряні напрямки					У виміряні відстані				
	min	Сторона	max	Сторона	Середня	min	Сторона	max	Сторона	Середня
Основна полігонометрія	0°00'00"	215-3N - 215-2N	0°00'01"	M0350 - ПП-ГУГК	0°00'00"	0,000	5 - 4	0,008	215-3N - 215-2N	0,001

Примітка:

Обробка планово-висотного об'єднання виконана в системі CREDO DAT 5.
Попередня обробка вимірювань включає:

- Розрахунок напрямків, горизонтальних прокладання і перевищень на основі середніх значень відліків вимірювань, контроль дотримання інструктивних допусків, встановлених для відповідних класів побудов.
 - Обчислення вертикальних кутів і перевищень.
 - Облік поправок в введені вимірювання:
 - Кривизна землі та рефракція
 - Редукування ліній на поверхню відносності
 - Формування редукованих значень довжин ліній, напрямків і перевищень, що підлягають вирівнюванню, розрахунок попередніх координат пунктів, розпізнавання надлишкових вимірювань і формування топології мережі об'єднання, виділення теодолітних і нівелірних ходів.
- Вирівнювання проведено параметричним способом за критерієм мінімізації суми квадратів поправок у виміри. Для оцінки точності положення вирівняних пунктів, формування параметрів еліпсів помилок використана коваріаційна матриця, коефіцієнти якої обчислені в процесі вирівнювання.
СКП кутів в ходах не розраховуються при числі ходів менше п'яти.

- a, b, σ , m - постійна, змінна, що залежить від відстані і загальна помилка виміряної і вирівнюваної ліній

Таблиця 3.12 - Відомість оцінки точності положення пунктів ходу 215-3N...214-3 у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 215-3N...214-3. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання

М min	Пункт	М max	Пункт	М середня
0,0012	ПП-ГУГК	0,0035	7	0,0027

Пункт	М	Мх	Му	а	б	α	Мh
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0011	0,0008	0,0007	0,0008	0,0007	1°56'09"	0,0032
2	0,0019	0,0016	0,0010	0,0016	0,0010	3°01'13"	0,0044
3	0,0025	0,0022	0,0012	0,0022	0,0012	178°09'59"	0,0051
4	0,0028	0,0025	0,0013	0,0025	0,0013	4°03'35"	0,0056
5	0,0032	0,0028	0,0016	0,0028	0,0015	8°53'23"	0,0060
6	0,0034	0,0030	0,0017	0,0030	0,0016	10°10'01"	0,0062
7	0,0035	0,0030	0,0018	0,0031	0,0017	12°13'21"	0,0064
8	0,0035	0,0030	0,0018	0,0030	0,0017	11°17'07"	0,0063
9	0,0034	0,0030	0,0017	0,0031	0,0016	11°09'18"	0,0062
10	0,0034	0,0030	0,0017	0,0031	0,0015	17°11'51"	0,0059
11	0,0030	0,0025	0,0015	0,0026	0,0013	18°18'44"	0,0055
12	0,0024	0,0020	0,0013	0,0021	0,0012	21°29'16"	0,0050
13	0,0019	0,0015	0,0011	0,0016	0,0010	27°04'38"	0,0044
ПП-ГУГК	0,0012	0,0009	0,0008	0,0009	0,0007	26°36'59"	0,0034

Примітка: СКП планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проєкту.

Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

Таблиця 3.13 - Відомість оцінки точності вимірів за результатами вирівнювання ходу 215- 3N...214-3 у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 214-3...212-1N. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року

Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності вимірів в мережі за результатами вирівнювання

Відомість оцінки точності планової мережі

СКП одиниці ваги: 0,690	СКП одиниці ваги (нижня межа): 0,794	СКП одиниці ваги (верхня межа): 1,170
-------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

Клас	Лінійно-кутова мережа								СКП кутів по нев'язках у ходах	
	СКП напрямків		СКП ліній						Апріорна	Фактична
	Апріорна	Фактична	Апріорна			Фактична				
			a	b	σ	a	b	m		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Основна полігонометрія	2,121320	1,685589	0,0025	0,0030	0,0030	0,0010	0,0009	0,0012	5,000000	

Відомість оцінки точності висотної мережі

Клас	Геометричне нівелювання		Тригонометричне нівелювання	
	Апріорна	Фактична	Апріорна	Фактична
Техн. нів.		0,071/0,004		0,016

Поправки за результатами урівнювання

Клас	У виміряні напрямки					У виміряні відстані				
	min	Сторона	max	Сторона	Середня	min	Сторона	max	Сторона	Середня
Основна полігонометрія	0°00'00"	212-1N - ПП-3	0°00'01"	ПП-3 - 24	0°00'00"	0,000	D5N - D3	0,003	M0350 - 214-3	0,002

Примітка:

Обробка планово-висотного обґрунтування виконана в системі CREDO DAT 5.

Попередня обробка вимірювань включає:

- Розрахунок напрямків, горизонтальних прокладання і перевищень на основі середніх значень відліків вимірювань, контроль дотримання інструктивних допусків, встановлених для відповідних класів побудов.
- Обчислення вертикальних кутів і перевищень.
- Облік поправок в введені вимірювання:
- Кривизна землі та рефракція
- Редукування ліній на поверхню відносності
 - Формування редукованих значень довжин ліній, напрямків і перевищень, що підлягають вирівнюванню, розрахунок попередніх координат пунктів, розпізнавання надлишкових вимірювань і формування топології мережі обґрунтування, виділення теодолітних і нівелірних ходів.
- Вирівнювання проведено параметричним способом за критерієм мінімізації суми квадратів поправок у вимірі. Для оцінки точності положення вирівняних пунктів, формування параметрів еліпсів помилок використана коваріаційна матриця, коефіцієнти якої обчислені в процесі вирівнювання.
- СКП кутів в ходах не розраховуються при числі ходів менше п'яти.

- a, b, σ , m - постійна, змінна, що залежить від відстані і загальна помилка вимірюної і вирівнюваної лінії

Таблиця 3.14 - Відомість оцінки точності положення пунктів ходу 215-3N...214- у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Хід 214-3...212-1N. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання

М min	Пункт	М max	Пункт	М середня
0,0018	24	0,0049	D3	0,0036

Пункт	М	Мх	Му	а	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
15	0,0017	0,0012	0,0012	0,0014	0,0011	40°17'07"	0,0016
16	0,0032	0,0019	0,0025	0,0026	0,0018	106°32'27"	0,0024
17	0,0040	0,0022	0,0033	0,0033	0,0021	106°44'51"	0,0027
18	0,0044	0,0024	0,0037	0,0038	0,0023	106°45'07"	0,0029
22	0,0037	0,0022	0,0030	0,0030	0,0021	104°53'32"	0,0026
23	0,0030	0,0019	0,0023	0,0023	0,0018	105°08'26"	0,0023
24	0,0018	0,0014	0,0012	0,0014	0,0012	13°26'58"	0,0018
D3	0,0049	0,0026	0,0042	0,0043	0,0024	105°36'34"	0,0031
D5N	0,0045	0,0024	0,0038	0,0039	0,0023	105°21'56"	0,0030
N1	0,0049	0,0026	0,0042	0,0043	0,0024	106°10'26"	0,0031

Примітка: СКП планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проекту.

Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

Таблиця 3.15 - Відомість оцінки точності положення пункту 213-1 у системі координат УСК-2000 (МСК-80)

Об'єкт: Лінійно-кутова засічка пункту 213-1. Система координат УСК-2000 (МСК-80). Система висот Балтійська 1977 року Дата: 18.10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання

М min	Пункт	М max	Пункт	М середня
213-1	0,0016	0,0016	213-1	0,0016

Пункт	М	Мх	Му	а	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
213-1	0,0016	0,0013	0,0009	0,0013	0,0009	17°12'01"	0,0016

Примітка: СКО планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проекту.

Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

3.3.2 Висотна геодезична мережа згущення

Класифікація висотних мереж:

Державна висотна мережа — забезпечує основну висотну систему країни з точністю близько 1-2 мм/км;

Локальні нівелювальні мережі — створюються для будівельних робіт і характеризуються вищою щільністю пунктів та точністю 2-5 мм/км;

Моніторингові мережі — використовуються для контролю деформацій, що потребують особливої точності.

Типи нівелювання:

Точне нівелювання — для створення державних мереж та високоточних локальних мереж;

Спрощене нівелювання — для поточних робіт із меншою точністю.

Основні елементи мережі:

Репери — стаціонарні знаки зі стабільним положенням, закріплені в ґрунті або фундаменті;

Нівелірні марки — тимчасові або постійні знаки для позначення точок нівелювання.

Особливості проектування висотної мережі згущення:

Визначення оптимальної схеми нівелювальних ходів з урахуванням рельєфу і будівельних об'єктів;

Забезпечення безперервності та замкнутості нівелювальних ходів для контролю похибок;

Встановлення пунктів у місцях з мінімальним ризиком руху ґрунту або деформації;

Забезпечення зручного доступу до пунктів для проведення регулярних перевірок і обслуговування;

Врахування вимог будівництва метро — глибокі конструкції, необхідність високої точності висотних відміток для проектування тунелів та станцій.

Нівелювання II класу обсягом 7,1 км виконане згідно вимог “Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов”, вид. Недра, 1990 р. та Програми робіт. Схема ходів нівелювання II класу наведена на рисунку 3.13.

Для виміру осідання будівлі застосовувався цифровий нівелір Topcon DL-501 та нівелірна інварна рейка NEDO № 84413, які пройшли метрологічну перевірку. Свідоцтва про перевірку засобів вимірювання наведені в Додатку Г.

Спостереження виконували при сприятливих умовах видимості. Через кожні 3-4 станції мірялась температура повітря на рівні висоти інструменту. Висота променя візування була не менша 0.5 м при довжині променя до 50 м і 0.3 м, якщо його довжина була менша 30 м.

Нерівність цих відстаней на станції не перевищувала 1.0 м, а накопичення нерівностей по секції не перевищувало 2.0 м.

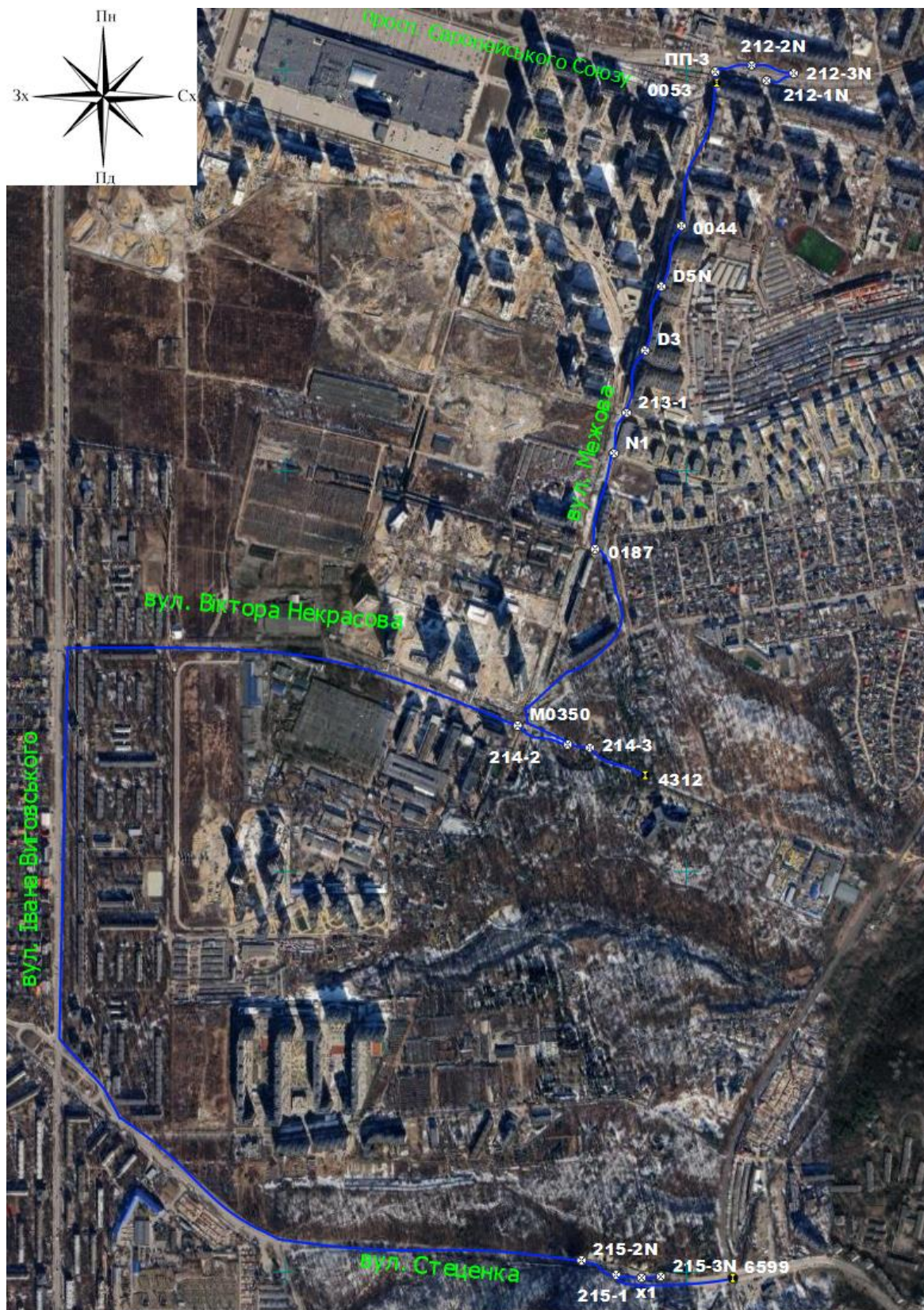
Для зменшення осідання нівеліра і рейок протягом спостережень на станції всі перехідні точки закріплювались дюбель-цвяхами.

При перервах в роботі спостереження закінчували на постійних знаках. Після закінчення нівелювання секцій в прямому і зворотному напрямках підраховували різницю перевищень, яка допускалась не більше

$$\pm 5\text{мм } l, \text{ де } l - \text{довжина секції.}$$

Вирівнювання мережі згущення виконано за допомогою програмного комплексу CREDO DAT, у системі висот Балтійській 1977 року) і висот Метробуду, складено відомості., див. таблиці 3.25-3.32. Отримані нев'язки ходів між вихідними пунктами та різниці перевищень прямих і зворотних ходів не перевищують допустимих значень, вказаних у [2].

Висотні позначки пунктів мережі згущення обчислені у відомостях нівелювання, у таблицях 3.27 (система висот Метробуду) і 3.32 (Балтійська система висот 1977 року). Обчислені позначки в обох системах висот надані у таблиці 3.33.



Умовні позначення

- 0053 вихідний репер
- ⊗ 212-1N визначуваний пункт мережі
- хід нівелювання II класу

Рис. 3.13 - Схема нівелювання II класу мережі згущення

Таблиця 3.16 - Відомість характеристик нівелірних ліній у системі висот МСК
МЕТРОБУД

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот МСК Метробуд

Дата: 10.2024

Характеристики нівелірних ліній

№ лінії	Назва лінії	Клас	Довжина лінії	Число ланок	Відстань між знаками в км		Нев'язки ліній в мм		СКП на 1 км в мм
					найбільша	середня	отримана	допустима	
1	6599 - 214-2	II клас	4,319	4,000	3,660	1,080	-3,700	10,391	0,947
2	214-2 - 6599	II клас	4,319	4,000	3,660	1,080	4,900	10,391	0,947
3	215-1 - 215-3N	II клас	0,118	2,000	0,081	0,059	-0,100	1,718	0,947
4	215-3N - 215-1	II клас	0,118	2,000	0,081	0,059	0,000	1,718	0,947
5	4312 - 214-2	II клас	0,263	2,000	0,154	0,132	0,600	2,564	0,947
6	214-2 - 4312	II клас	0,263	2,000	0,154	0,132	0,500	2,564	0,947
7	0053 - 214-2	II клас	2,083	6,000	0,741	0,347	0,900	7,216	0,947
8	214-2 - 0053	II клас	2,083	6,000	0,741	0,347	-1,700	7,216	0,947
9	0053 - 212-1N	II клас	0,334	4,000	0,107	0,084	0,000	2,891	0,947
10	212-1N - 0053	II клас	0,334	4,000	0,107	0,084	0,000	2,891	0,947

Таблиця 3.17 - Відомість оцінки точності висотного положення пунктів у системі висот МСК МЕТРОБУД

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот МСК Метробуд

Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання

M min	Пункт	M max	Пункт	M середня
0,00014	ПП-3	0,00051	N1	0,00039

Пункт	M	Mx	My	a	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
212-1N							0,00039
212-2N							0,00025
212-3N							0,00033
213-1							0,00050
214-2							0,00032
214-3							0,00025
215-1							0,00037
215-2N							0,00043
215-3N							0,00044
0187							0,00051
D3							0,00048
D5N							0,00045
M0350							0,00042
N1							0,00051
x1							0,00042
ПП-3							0,00014

Примітка: СКП планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проекту.
Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

Таблиця 3.18 - Відомість перевищень секцій нівелювання у системі висот МСК МЕТРОБУД

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот МСК Метробуд

Дата: 10.2024

Лінія		Перевищення	dh, м	L, км	dh доп., м	h сер.
1		5	6	6	6	7
D3 - 213-1	>>	0,8372	-0,00016	0,173	0,0021	0,8372
	<<	0,8373				
D3 - D5N	>>	0,9111	0,00051	0,164	0,0020	0,9108
	<<	0,9105				
D5N - 0053	>>	-2,1647	-0,00120	0,593	0,0039	-2,1641
	<<	-2,1635				
M0350 - 215-2N	>>	-23,3618	0,00057	3,660	0,0096	-23,3620
	<<	-23,3623				
M0350 - 214-2	>>	-0,2122	0,00003	0,129	0,0018	-0,2123
	<<	-0,2123				
N1 - 0187	>>	8,4053	-0,00045	0,293	0,0027	8,4055
	<<	8,4057				
N1 - 213-1	>>	-3,0006	0,00003	0,119	0,0017	-3,0006
	<<	-3,0007				
x1 - 215-3N	>>	-0,4614	-0,00009	0,037	0,0010	-0,4614
	<<	-0,4613				
x1 - 215-1	>>	0,4734	-0,00003	0,081	0,0014	0,4735
	<<	0,4735				
ПП-3 - 212-2N	>>	-0,6191	-0,00011	0,094	0,0015	-0,6191
	<<	-0,6190				
ПП-3 - 0053	>>	0,8091	0,00009	0,046	0,0011	0,8090
	<<	0,8090				
0187 - 214-2	>>	-6,9882	0,00040	0,741	0,0043	-6,9884
	<<	-6,9886				
212-1N - 212-3N	>>	0,5096	-0,00041	0,087	0,0015	0,5098
	<<	0,5100				
212-2N - 212-3N	>>	0,2672	0,00039	0,107	0,0016	0,2670
	<<	0,2668				
214-2 - 214-3	>>	0,1147	0,00069	0,153	0,0020	0,1144
	<<	0,1140				
214-3 - 4312	>>	0,8057	0,00034	0,109	0,0017	0,8056
	<<	0,8054				
215-1 - 6599	>>	-0,6438	0,00057	0,197	0,0022	-0,6441
	<<	-0,6444				
215-1 - 215-2N	>>	1,5248	0,00005	0,333	0,0029	1,5248
	<<	1,5248				

Таблиця 3.19 - Відомість характеристик нівелірних ліній у Балтійській системі висот 1977 року

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот Балтійська

Дата: 10.2024

Характеристики нівелірних ліній

№ лінії	Назва лінії	Клас	Довжина лінії	Число ланок	Відстань між знаками в км		Нев'язки ліній в мм		СКП на 1 км в мм
					найбільша	середня	отримана	допустима	
1	6599 - 214-2	II клас	4,319	4,000	3,660	1,080	-4,000	10,391	1,294
2	214-2 - 6599	II клас	4,319	4,000	3,660	1,080	5,200	10,391	1,294
3	215-1 - 215-3N	II клас	0,118	2,000	0,081	0,059	0,000	1,718	1,294
4	215-3N - 215-1	II клас	0,118	2,000	0,081	0,059	-0,100	1,718	1,294
5	4312 - 214-2	II клас	0,263	2,000	0,154	0,132	0,300	2,564	1,294
6	214-2 - 4312	II клас	0,263	2,000	0,154	0,132	0,800	2,564	1,294
7	0053 - 214-2	II клас	2,083	6,000	0,741	0,347	3,600	7,216	1,294
8	214-2 - 0053	II клас	2,083	6,000	0,741	0,347	-4,400	7,216	1,294
9	0053 - 212-1N	II клас	0,334	4,000	0,107	0,084	0,000	2,891	1,294
10	212-1N - 0053	II клас	0,334	4,000	0,107	0,084	0,000	2,891	1,294

Таблиця 3.20 - Відомість оцінки точності висотного положення пунктів у Балтійській системі висот 1977 року

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот Балтійська

Дата: 10.2024

Відомість оцінки точності положення пунктів

Відомість оцінки точності положення пунктів за результатами вирівнювання

M min	Пункт	M max	Пункт	M середня
0,00020	ПП-3	0,00069	N1	0,00053

Пункт	M	Mx	My	a	b	α	Mh
1	2	3	4	5	6	7	8
212-1N							0,00053
212-2N							0,00034
212-3N							0,00045
213-1							0,00068
214-2							0,00043
214-3							0,00034
215-1							0,00051
215-2N							0,00059
215-3N							0,00060
0187							0,00069
D3							0,00065
D5N							0,00061
M0350							0,00057
N1							0,00069
x1							0,00057
ПП-3							0,00020

Примітка: СКП планового і висотного положення пунктів обчислені з урахуванням довірчого коефіцієнта, встановленого в розділі Класи точності Властивостей проекту.

Розміри півосей еліпсів помилок обчислені з довірчим коефіцієнтом 1.0 (68.3%).

Таблиця 3.21 - Відомість перевищень секцій нівелювання у Балтійській системі висот 1977 року

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот Балтійська

Дата: 10.2024

Лінія		Перевищення	dh, м	L, км	dh доп., м	h сер.
1		5	6	6	6	7
D3 - 213-1	>>	0,8372	-0,00016	0,173	0,0021	0,8372
	<<	0,8373				
D3 - D5N	>>	0,9111	0,00051	0,164	0,0020	0,9108
	<<	0,9105				
D5N - 0053	>>	-2,1647	-0,00120	0,593	0,0039	-2,1641
	<<	-2,1635				
M0350 - 215-2N	>>	-23,3618	0,00057	3,660	0,0096	-23,3620
	<<	-23,3623				
M0350 - 214-2	>>	-0,2122	0,00003	0,129	0,0018	-0,2123
	<<	-0,2123				
N1 - 0187	>>	8,4053	-0,00045	0,293	0,0027	8,4055
	<<	8,4057				
N1 - 213-1	>>	-3,0006	0,00003	0,119	0,0017	-3,0006
	<<	-3,0007				
x1 - 215-3N	>>	-0,4614	-0,00009	0,037	0,0010	-0,4614
	<<	-0,4613				
x1 - 215-1	>>	0,4734	-0,00003	0,081	0,0014	0,4735
	<<	0,4735				
ПП-3 - 212-2N	>>	-0,6191	-0,00011	0,094	0,0015	-0,6191
	<<	-0,6190				
ПП-3 - 0053	>>	0,8091	0,00009	0,046	0,0011	0,8090
	<<	0,8090				
0187 - 214-2	>>	-6,9882	0,00040	0,741	0,0043	-6,9884
	<<	-6,9886				
212-1N - 212-3N	>>	0,5096	-0,00041	0,087	0,0015	0,5098
	<<	0,5100				
212-2N - 212-3N	>>	0,2672	0,00039	0,107	0,0016	0,2670
	<<	0,2668				
214-2 - 214-3	>>	0,1147	0,00069	0,153	0,0020	0,1144
	<<	0,1140				
214-3 - 4312	>>	0,8057	0,00034	0,109	0,0017	0,8056
	<<	0,8054				
215-1 - 6599	>>	-0,6438	0,00057	0,197	0,0022	-0,6441
	<<	-0,6444				
215-1 - 215-2N	>>	1,5248	0,00005	0,333	0,0029	1,5248
	<<	1,5248				

Таблиця 3.22 - Відомості перевищень і висот пунктів та реперів нівелювання II класу у Балтійській системі висот 1977 року

Об'єкт: Метрополітен. Нівелювання II класу. Система висот Балтійська

Відомість перевищень і висот пунктів нівелювання

№ секцій	Вид і номер нівелірного репера, тип центру	Місцерозташування нівелірного репера	Штативи	Відстань від початкового репера		Вимірне середнє перевищення, м	Поправка із вирівнювання, мм	Висота у Балтійській системі висот, м	Примітка
				між реперами	Відстань, км				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лінія 215-1...214-2			Виконавець Бень О. В.				Дата: 10.2024		
1	215-1 металевий костиль	м. Київ, вул. Стеценка, навпроти джерела	3	0,000 0,333	0,333	1,5248	0,1375	140,404	Висота отримана після вирівнювання 215-1
2	215-2N арматурний стрижень	м. Київ, вул. Стеценка, поряд зі входом на Будмайданчик	55	0,333 3,660	3,660	23,3620	3,9021	141,929	
3	M0350 кадастровий пункт	м. Київ, вул. Віктора Некрасова, 3, у асфальтовому покритті тротуару	3	3,993 0,129	0,129	-0,2123	0,2100	165,295	
	214-2 металевий костиль	м. Київ, вул. Віктора Некрасова, навпроти зупинки тролейбуса, між бортовими каменями	61	4,122 4,122	4,122	24,6746		165,083	

Різниця висот вихідних пунктів: $H_k - H_n = 24,6788$ м
 Отримана нев'язка: $V_{отр} = -4,2497$ мм
 Допустима нев'язка: $V_{доп} = \pm 5 \text{ мм}\sqrt{L} = 9,9825$ мм
 Поправка на 1 км ходу: $-V/L = 0,9840$ мм

Лінія 215-1...6599			Виконавець Бень О. В.				Дата: 10.2024		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	215-1 металевий костиль	м. Київ, вул. Стеценка, навпроти джерела	5	0,000 0,197	0,197	-0,6441	-0,3550	140,404	Висота отримана після вирівнювання 215-1
	Ст. рп. 6599 тип 143	м. Київ, шляхопровід для залізниці через вул. Стеценка, сх. сторона середньої опори	5	0,197 0,197	0,197	-0,6441		139,760	Висота отримана із відомості перевищень нівелювання II кл., 2019 р.

Різниця висот вихідних пунктів: $H_k - H_n = -0,6445$ м
 Отримана нев'язка: $V_{отр} = 0,3550$ мм
 Допустима нев'язка: $V_{доп} = \pm 5 \text{ мм}\sqrt{L} = 2,2192$ мм
 Поправка на 1 км ходу: $-V/L = -1,8020$ мм

№ секцій	Вид і номер нівелірного репера, тип центру	Місцерозташування нівелірного репера	Штативи	Відстань від початкового репера		Вимірне середнє перевищення, м	Поправка із вирівнювання, мм	Висота у Балтійській системі висот, м	Примітка
				між реперами	Відстань, км				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лінія 215-1...215-3N			Виконавець Бень О. В.				Дата: 10.2024		
1	215-1 металевий костиль	м. Київ, вул. Стеценка, навпроти джерела	1	0,000 0,081	0,081	-0,4735	0,0000	140,404	Висота отримана після вирівнювання 215-1 Перехідна точка вказана для краткого формування відомості нівелювання ПЗ CREDO DAT
2	x1, перехідна точка дюбель-цвях	тротуар, вул. Стеценка	1	0,081 0,037	0,037	-0,4614	0,0000	139,931	
	215-3N металевий костиль	м. Київ, вул. Стеценка, поряд зі входом на Будмайданчик	2	0,118 0,118	0,118	-0,9348		139,470	

Різниця висот вихідних пунктів: $H_k - H_n = -0,9348$ м
 Отримана нев'язка: $V_{отр} = 0,0000$ мм
 Допустима нев'язка: $V_{доп} = \pm 5 \text{ мм}\sqrt{L} = 1,7176$ мм
 Поправка на 1 км ходу: $-V/L = 0,0000$ мм

Лінія 4312...214-2			Виконавець Бень О. В.				Дата: 10.2024		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ст. рп. 4312 тип 143	м. Київ, вул. Північно-Сирецька, 49, гн.-зх. кут прохідної лікарні №2	3	0,000 0,154	0,154	-0,8056	0,1345	166,003	Висота отримана із відомості перевищень нівелювання II кл., 2019 р.
2	214-3 металевий костиль	м. Київ, вул. Віктора Некрасова, розворот тролейбуса, на клумбі	1	0,154 0,109	0,109	-0,1144	0,0952	165,198	
	214-2 металевий костиль	м. Київ, вул. Віктора Некрасова, навпроти зупинки тролейбуса, між бортовими каменями	4	0,263 0,263	0,263	-0,9200		165,083	

Різниця висот вихідних пунктів: $H_k - H_n = -0,9197$ м
 Отримана нев'язка: $V_{отр} = -0,2297$ мм
 Допустима нев'язка: $V_{доп} = \pm 5 \text{ мм}\sqrt{L} = 2,5642$ мм
 Поправка на 1 км ходу: $-V/L = 0,8735$ мм

№ секцій	Вид і номер нівелірного репера, тип центру	Місцерозташування нівелірного репера	Штативи	Відстань від початкового репера між реперами	Відстань, км	Вимірне середнє перевищення, м	Поправка із вирівнювання, мм	Висота у Балтійській системі висот, м	Примітка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Лінія 0053...214-2			Виконавець Бень О. В.						Дата: 10.2024	
1	Ст. рп. 0053 Тип 143	м. Київ просп. Правди, 35, пн. частина стіни відділення поліції	11	<u>0,000</u> 0,593	0,593	2,1641	-1,1502	158,579	Висота отримана із відомості перевищень нівелювання II кл., 2019 р.	
2	D5N арматурний стрижень	м. Київ, вул. Данченка, 5, люк навпроти пд.-зх кута Будинку	2	<u>0,593</u> 0,164	0,164	-0,9108	-0,3181	160,742		
3	D3 арматурний стрижень	м. Київ, вул. Данченка, 3, у фем покритті тротуару навпроти пд.-зх. кута Будинку	3	<u>0,757</u> 0,173	0,173	0,8373	-0,3356	159,831		
4	213-1 металевий костиль	м. Київ, вул. Данченка, навпроти супермаркету «Новус», між бортовими каменями	2	<u>0,930</u> 0,119	0,119	3,0006	-0,2308	160,668		
5	N1 дюбель-цвях	м. Київ, вул. І. Кавалерідає, навпроти пд.-зх. кута супермаркету «Новус»	7	<u>1,049</u> 0,293	0,293	8,4055	-0,5683	163,668		
6	ст. рп. 0187 тип 143	м. Київ, по вул. Межова (вул. Полкова 72), поштове відділення № 78	13	<u>1,342</u> 0,741	0,741	-6,9884	-1,4373	172,073		
	214-2 металевий костиль	м. Київ, вул. Віктора Нефрасова, навпроти зупинки тролейбуса, між бортовими каменями	42	<u>2,083</u> 2,083	2,083	6,5083		165,083	Висота отримана після вирівнювання 214-2 як вузлової точки	

Різниця висот вихідних пунктів: $H_k - H_n = 6,5043$ м
Отримана нев'язка: $V_{отр} = 4,0403$ мм
Допустима нев'язка: $V_{доп} = \pm 5$ мм $\sqrt{L} = 7,2163$ мм
Поправка на 1 км ходу: $-V/L = -1,9396$ мм

№ секцій	Вид і номер нівелірного репера, тип центру	Місцерозташування нівелірного репера	Штативи	Відстань від початкового репера між реперами	Відстань, км	Вимірне середнє перевищення, м	Поправка із вирівнювання, мм	Висота у Балтійській системі висот, м	Примітка	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Лінія 0053...212-1			Виконавець Бень О. В.						Дата: 10.2024	
1	Ст. рп. 0053 Тип 143	м. Київ просп. Правди, 35, пн. частина стіни відділення поліції	1	<u>0,000</u> 0,046	0,046	-0,8090	0,0000	158,579	Висота отримана із відомості перевищень нівелювання II кл., 2019 р.	
2	Пункт полігонометрії ПП-3 грунтовий	м. Київ, просп. Європейського Союзу, у створі вул. Межової	2	<u>0,046</u> 0,094	0,094	-0,6191	0,0000	157,770		
3	212-2N арматурний стрижень	м. Київ, просп. Європейського Союзу, тротуар навпроти Будинку №64	1	<u>0,140</u> 0,107	0,107	0,2670	0,0000	157,151		
4	212-3N дюбель-цвях	м. Київ, просп. Європейського Союзу, опора ЛЕП навпроти Будинку №64	1	<u>0,247</u> 0,087	0,087	-0,5098	0,0000	157,418		
	212-1N дюбель-цвях	м. Київ, просп. Європейського Союзу, тротуар навпроти Будинку №35	5	<u>0,334</u> 0,334	0,334	-1,6709		156,908		

Різниця висот вихідних пунктів: $H_k - H_n = -1,6709$ м
Отримана нев'язка: $V_{отр} = 0,0000$ мм
Допустима нев'язка: $V_{доп} = \pm 5$ мм $\sqrt{L} = 2,8909$ мм
Поправка на 1 км ходу: $-V/L = 0,0000$ мм

Обчислював: Дорошенко
Рахували, читав: Бень
Слухав: Хайлак
Дата: 10.2024

Таблиця 3.23 - Каталог координат пунктів геодезичної мережі згущення

№	Назва точки	Координати пунктів у системі координат МСК-80 система висот Балтійська, м		
		X	Y	H
1	212-1N	96973,856	5200,267	156,908
2	212-2N	97011,864	5163,197	157,151
3	212-3N	96992,402	5267,948	157,418
4	ПП-3	96995,863	5072,445	157,770
5	D3	96300,391	4897,410	159,831
6	D5N	96460,015	4937,729	160,742
7	213-1	96144,823	4851,281	160,668
8	M0350	95364,071	4579,351	165,295
9	214-2	95316,863	4703,909	165,083
10	214-3	95309,081	4759,482	165,198
11	215-1	93993,349	4824,970	140,404
12	215-2N	94029,465	4738,724	141,929
13	215-3N	93989,274	4936,393	139,470

4. ЕКОНОМІКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

4.1 Техніка безпеки при проведенні геодезичних робіт на об'єктах будівництва лінії метрополітену

Проведення геодезичних робіт у межах міста, особливо в зонах активного будівництва метрополітену, вимагає суворого дотримання норм техніки безпеки. Роботи проводяться в складних умовах, які включають міську забудову, рух транспорту, наявність будівельної техніки, глибоких котлованів, підземних комунікацій та інших небезпечних факторів.

Всі учасники польових геодезичних робіт повинні мати відповідну кваліфікацію, пройти інструктаж з охорони праці, а також мати при собі засоби індивідуального захисту — сигнальні жилети, каски, спецвзуття. Проведення робіт дозволяється лише при задовільному стані здоров'я виконавців, справності приладів і сприятливих погодних умовах.

Геодезисти, техніки та помічники повинні:

Пройти попередній інструктаж і мати дозвіл на виконання робіт підвищеної небезпеки.

Знати правила безпеки під час роботи в зоні будівельного майданчика, на дорогах, біля електричних кабелів, вентиляційних шахт тощо.

Використовувати справне обладнання — тахеометри, нівеліри, GNSS-приймачі — лише після перевірки.

Обов'язково мати при собі документи та мобільний зв'язок для екстреного реагування.

Початок робіт погоджується з відповідальним інженером будівництва та проводиться згідно з графіком, щоб уникнути перетину з небезпечними роботами (копання котлованів, монтаж тощо).

При виконанні зйомок поблизу доріг або на проїжджій частині геодезисти зобов'язані:

Одягати світловідбивальні жилети;

Позначати місце зйомки попереджувальними знаками, сигнальними конусами або стрічками;

Уникати встановлення обладнання ближче ніж 1 метр до проїжджої частини без дозволу дорожніх служб;

Застосовувати індивідуальну охорону — наприклад, шоломи, флікери, захисні окуляри у вечірній час.

Згідно з правилами, геодезист не має права перебувати в "сліпій зоні" рухомого транспорту, особливо будівельної техніки. Якщо зйомка відбувається поблизу перехресть чи активного руху — необхідне погодження з поліцією або тимчасове обмеження руху.

В умовах забудови ділянки (будівництво станцій метро, прокладання тунелів, монтаж монолітних споруд) працівники повинні дотримуватися таких вимог:

Роботи дозволяються лише за наявності дозволу відповідального інженера або начальника ділянки;

Заборонено переміщатися під крановими стрілами, підймальними механізмами, перебувати поблизу зон навантаження/розвантаження;

Прилади встановлюються на рівних поверхнях, не ближче ніж 1,5 м до країв котлованів або шахт;

Переміщення між точками здійснюється по визначених маршрутних коридорах;

Категорично заборонено використовувати прилади під час роботи в зоні підвищеної вібрації, наприклад, при бетонуванні чи забиванні паль.

Усі роботи повинні бути зупинені при зниженій видимості, в умовах сильного дощу, грози або вітру понад 15 м/с.

Польове геодезичне обладнання є технічно складним і потребує особливої обережності. Під час роботи з тахеометрами, електронними нівелірами, лазерними далекомірами слід:

Не використовувати прилад під час опадів без захисного кожуха;

Захищати обладнання від перегріву на сонці — не залишати в закритих авто чи на відкритих поверхнях;

Здійснювати заряджання акумуляторів лише згідно з інструкцією та в сухому місці;

Уникати сильних ударів або падіння приладів — вони мають ювелірну точність;

Не проводити роботи під час грози — через небезпеку ураження блискавкою (особливо при використанні алюмінієвих штативів чи віх).

Усі прилади мають пройти передробочу перевірку точності. Якщо є найменші підозри у відхиленні, слід замінити прилад або провести калібрування.

Прокладання геодезичної мережі часто вимагає встановлення пунктів поблизу люків, теплотрас, кабельних каналів, електричних трансформаторів. У таких випадках:

Заздалегідь слід отримати план-схему інженерних комунікацій;

Заборонено проводити земляні роботи без погодження з комунальними службами;

Всі роботи біля об'єктів з напругою понад 1000 В повинні проводитись лише в присутності електрика;

У разі виявлення неврахованих мереж — роботи зупиняються і викликаються відповідні служби.

Особливо обережно слід діяти біля газопроводів, водогонів та мереж зв'язку.

У разі, якщо роботи неможливо перенести й доводиться працювати в темну пору доби або при слабкій видимості, необхідно:

Забезпечити робоче місце автономним освітленням (не менше 50 лк);

Кожен працівник повинен мати індивідуальний ліхтар;

Переконавшись у безпечному встановленні штативів на слизькій або нерівній поверхні;

Вимірювання слід зупинити при виникненні ожеледиці, снігопаду чи зливи.

Висновок до розділу

Дотримання техніки безпеки при виконанні геодезичних робіт є запорукою ефективного та безпечного виконання завдань з проектування та будівництва лінії метрополітену. Всі учасники повинні розуміти потенційні ризики, чітко

дотримуватися інструкцій, правил охорони праці та вживати профілактичних заходів для запобігання аваріям і травматизму.

4.2 Економічне обґрунтування

Економічне обґрунтування спрямоване на визначення вартості комплексу геодезичних робіт, виконаних у рамках згущення планово-висотної геодезичної мережі для будівництва лінії метрополітену. Розрахунок ґрунтується на фактичних обсягах робіт і середніх ринкових розцінках на геодезичні послуги станом на 2024 рік.

Таблиця 4.1 Кошторис

№	Види робіт	Одиниця	Кількість	Орієнт. вартість за од., грн	Сума, грн
1	Рекогносцировка пунктів триангуляції, трилатерації 1 розряду	пункт	6	980	5 880
2	Огляд знаків нівелювання	пункт	6	390	2 340
3	Закладення центрів, встановлення пунктів знімальної мережі	пункт	13	700	9 100
4	Вимірювання кутів (триангуляція 4 класу)	пункт	60	410	24 600
5	Вимірювання кутів і ліній полігонометрії, 2 розряд	км	5,4	3 500	18 900
6	Нівелювання II класу	км	7,1	2 300	16 330

7	Вимірювання базисної сторони, триангуляція, трилатерація	од.	32	550	17 600
8	Складання програми робіт, технічне завдання	компл.	1	2 000	2 000
9	Камеральна обробка вимірів кутів	пункт	60	250	15 000
10	Камеральна обробка полігонометрії	км	5,4	2 500	13 500
11	Камеральна обробка нівелювання	км	7,1	1 900	13 490
12	Обробка вимірів базисів	од.	32	350	11 200
13	Складання технічного звіту	звіт	1	3 000	3 000
	Разом, грн				152 940
	Разом по кошторису, грн.				152 940
	ПДВ (20,0%)				30 588
	Всього, грн.				183 528

Всього за кошторисом

Сто п'ятдесят дві тисячі дев'ятсот сорок гривень

ПДВ 20,00% - Тридцять тисяч п'ятсот вісімдесят вісім гривень

Всього Сто вісімдесят три тисячі п'ятсот двадцять вісім гривень

ВИСНОВОК

У межах дипломної роботи було виконано повний цикл інженерно-геодезичного обґрунтування для забезпечення будівництва лінії метрополітену від станції «Сирець» до станції «Проспект Правди» шляхом згущення планово-висотної геодезичної мережі.

На основі аналізу технічної документації, нормативної бази та результатів попередніх геодезичних робіт було розроблено оптимальну схему згущення мережі з урахуванням особливостей міської інфраструктури та підземного будівництва. Пункти мережі були ув'язані з існуючими пунктами державної геодезичної мережі, що забезпечує єдність просторових координат і підвищує точність подальших будівельно-монтажних робіт.

У ході реалізації проєкту застосовано сучасні методи спостережень: GNSS-вимірювання, полігонометрія та геометричне нівелювання. Вибір комбінованої методики дозволив досягти необхідної точності у складних інженерно-геологічних умовах, зокрема при будівництві тунелів глибокого закладення.

Камеральна обробка матеріалів виконана з використанням методу найменших квадратів, що дозволило отримати координати пунктів з високим ступенем точності та внутрішньої узгодженості. Усі пункти мережі закріплені та задокументовані згідно з вимогами нормативних актів.

У результаті економічного аналізу встановлено, що виконання робіт із згущення геодезичної мережі є економічно доцільним, а витрати відповідають масштабам і значенню будівництва метрополітену. Запропоновані рішення сприятимуть оптимізації витрат на геодезичне забезпечення в майбутньому.

Таким чином, поставлені в дипломній роботі завдання були виконані повністю. Результати дослідження можуть бути використані як приклад для організації геодезичного забезпечення на інших ділянках масштабного підземного будівництва.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

- 1 ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи у будівництві, Зміна №1 до ДБН В.1.3-2:2010 Геодезичні роботи у будівництві, 2018р.
- 2 Інструкція з вирівнювання I, II, III та IV класів, 1990
- 3 Методичні вказівки по створенню геодезичних мереж. М., Недра. 1990г.
- 4 ДБН В.2.3-7-2018 Метрополітени. Основні положення.
- 5 ДБН А.3.1.-5-2016 Управління, організація та технологія. Організація будівельного виробництва.
- 6 ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.
- 7 ДБН В.2.1.-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування.
- 8 ДБН А.2.1-1-2008 Вишукування, проектування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва.
- 9 ДСТУ-Н Б А.1.3-1:2016 Визначення параметрів будівель, споруд і території забудови. Загальні вимоги
- 10 ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Виконання вимірювань, розрахунок та контроль точності геометричних параметрів. Настанова
- 11 ВСН_160-69-1970 Інструкція з геодезичних і маркшейдерських робіт при будівництві транспортних тунелів.
- 12 ДСТУ Б А.1.1-80:2009 Правила безпеки під час виконання геодезичних робіт